

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Bc. Petr Šibík

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Obnovitelné zdroje pro napájení domů v ostrovním
režimu

Renewable Energy Sources for Buildings Supply in
Off-grid Mode

2013

Bc. Petr Šibík

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Šibík

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Obnovitelné zdroje pro napájení domů v ostrovním režimu.
Renewable Energy Sources for Buildings Supply in Off-grid Mode.

Zásady pro vypracování:

1. Obecný popis ostrovních systémů.
2. Definice zátěže.
3. Návrh akumulačního zařízení.
4. Návrh zdrojů elektrické energie.
5. Ověření správnosti návrhů.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Kaabeche A, et al., Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system, Energy (2010), doi:10.1016/j.energy. 2010.11.024
- [2] NASA Surface meteorology and Solar Energy [online]. 2011-[cit. 2011-02-16] Available from: <<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&step=1&submit=Submit>>
- [3] Deshmukha MK, Deshmukh SS. Modeling of hybrid renewable energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008; (12) p.235-49.
- [4] MISAK, Stanislav; PROKOP, Lukas: Off-Grid Power Systems. In International Conference on Environment and Electrical Engineering 2010. 2010, ISBN 978-1-4244-5370-2, pg. 23-26

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení Studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 7. 5. 2013

.....

Poděkování:

Zde bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Lukáši Prokopovi, Ph.D. za metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou využití obnovitelných zdrojů energie k napájení domu v ostrovním režimu za konkrétních klimatických podmínek. Obsahem je přehled obnovitelných zdrojů energie (FVE, VE) jako možných zdrojů pro ostrovní režim, dále různé alternativy akumulátorů pro uložení elektrické energie. Možnosti využití jednotlivých částí ostrovního systému jsou aplikovány na vybraný rodinný dům. Hlavním úkolem je stanovit energetické potřeby vybrané domácnosti, dimenzovat velikost akumulátorů a elektráren určených k nezávislosti domu na připojení k rozvodné elektrické síti. Údaje pro stanovení energetických potřeb domácnosti byly získány monitorováním spotřeby elektrické energie konkrétního rodinného domu v určitém časovém období. Výstupem je zhodnocení, zda se realizace takového systému za současných technických, legislativních a ekonomických podmínek vyplácí.

Klíčová slova

Ostrovní režim, obnovitelný zdroj energie, akumulace, fotovoltaika, větrná energie, úsporný spotřebič, spotřeba energie

Abstract

This thesis deals with the use of renewable energy to power a house in the island mode under specific climatic conditions. The content is a list of possible alternatives to batteries for storing electrical energy, as well as renewable energy sources (FVE, IN) as possible sources for island mode. Possibilities of individual parts of the island are applied to the selected house. The main task is to determine the energy needs of the selected households, size and size of battery power for the independence of the house to connect to the electricity grid. The data for determining the energy needs of households were obtained by monitoring the power consumption of a particular house in a certain time period. The output is an evaluation of whether the implementation of such a system under the current technical, legislative and economic conditions of worth.

Keywords

Island mode, renewable source of energy, accumulation, photovoltaics, wind energy, energy saving appliance, energy consumption

Seznam použitých symbolů a zkratek:

Ah	ampér hodina
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
cm	centimetr
č.	číslo
ČEPS	Česká přenosová soustava
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
FVE	fotovoltaická elektrárna
FV	fotovoltaika
GPS	global position system
Kč	korun českých
kg	kilogram
kW	kilowatt
kW _p	kilowatt-peak
kW/m ²	kilowatt na metr čtvereční
kWh	kilowatt hodina
LED	dioda emitující světlo (light-emitting diode)
lm/W	lumen na watt
m/s	metr/sekunda
m	metr
mm	milimetr
MW _p	mega watt peak (špičkový výkon)
např.	například
OZE	obnovitelný zdroj energie
Pb	olovo (plumbum)
PC	Počítač
resp.	respektive
PRE	pražská energetika
RD	rodinný dům
Sb.	sbírka
Ss	stejnoseměrné
St	střídavé
tzv.	takzvané
V	Volt
VE	Větrné elektrárny
VTE	Větrná elektrárna
W	Watt
Wp	Watt peak (špičkový výkon FV panelu)

Poznámka: Ostatní symboly a zkratky se vyskytují v textu pouze s jejich okamžitým vysvětlením.

Obsah:

ÚVOD	2
1. OBECNÝ POPIS OSTROVNÍCH REŽIMŮ	3
1.1 VÝVOJ PODPORY OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČR	3
1.2 OSTROVNÍ SYSTÉMY	7
1.3 ÚSPORY ELEKTRICKÉ ENERGIE	13
1.4 AKUMULACE	21
1.5 VARIANTY BATERÍ	23
1.6 KAPACITA AKUMULÁTORŮ PRO SOLÁRNÍ OSTROVNÍ SYSTÉM	30
1.7 DIMENZOVÁNÍ ELEKTRÁRNY PRO OZE	31
2. APLIKACE OSTROVNÍHO REŽIMU V PRAXI	41
2.1 POPIS RD A SPOTŘEBIČŮ	41
2.2 MĚŘENÍ ROZLOŽENÍ SPOTŘEBY	42
2.3 DEFINICE ENERGETICKÝCH POTŘEB	45
2.4 VÝPOČET VELIKOSTI A VÝBĚR BATERIE	46
2.5 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉ A VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	50
3. VYHODNOCENÍ	59
3.1 SPOTŘEBA	59
3.2 NÁVRH AKUMULÁTORU	59
3.3 DIMENZOVÁNÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY	60
3.4 DIMENZOVÁNÍ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	61
3.5 CELKOVÝ VÝKON OSTROVNÍ ELEKTRÁRNY	62
3.6 INVESTIČNÍ NÁKLADY NA VÝSTAVBU OSTROVNÍHO SYSTÉMU	63
3.7 NÁVRATNOST INVESTICE	64
4. ZÁVĚR	66
POUŽITÁ LITERATURA	68
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK	74

ÚVOD

Vzhledem k rychlému úbytku fosilních paliv a otazníkem nad vývojem jaderné energie se v posledních letech dostávají výrazně do popředí obnovitelné zdroje energie. Z pohledu České republiky jde především o fotovoltaické a větrné elektrárny, kdy dochází k velkému nárůstu počtu větrných, ale především fotovoltaických farem. Při uvažování obou alternativ jde v podstatě o čistou energii, která je v podstatě „zadarmo“. Mohutný nárůst instalovaného výkonu, který nastal především v oblasti fotovoltaických elektráren, byl způsoben nejen dostupností technologie ale i štedrými dotacemi od státu, kdy potenciální majitelé elektráren na obnovitelné zdroje energie dostali dotaci jak na výstavbu elektrárny samotné, tak i za pozdější prodej energie distributorovi, který ji měl povinnost vykupovat. Rychlým růstem fotovoltaických elektráren postupně rostlo nebezpečí narušení stability celé energetické soustavy, a proto došlo k velkému snížení dotací a zamítnutí připojování další nových elektráren do distribuční sítě. Toto opatření vedlo k dalším možnostem využití obnovitelných zdrojů, tentokrát bez připojení k rozvodné síti. Mezi možnostmi využití energie z obnovitelných zdrojů patří napájení domu v ostrovním režimu.

Prvotní myšlenka realizace ostrovního režimu se nesla v oblasti napájení odlehlých míst, horských chat, kde nebyla možnost připojení k distribuční síti. Tato myšlenka se vzhledem ke stále rostoucí ceně elektrické energie přenesla i do běžných obytných lokalit a to nejen za ekonomickými účely ale i z ekologického hlediska.

V této práci je obsažena a vyhodnocena myšlenka skutečného ostrovního režimu za konkrétních klimatických podmínek v dané lokalitě na vybraný rodinný dům. Hlavním úkolem je stanovit energetické potřeby domácnosti, zvolit vhodný typ akumulátoru pro zálohování elektrické energie z OZE, spolu s vhodným nadimenzováním baterie a elektráren určených k nezávislosti domu na připojení k distribuční síti. Dále vyhodnocení monitorovaných dat jako výstupu a úvahy, zda se investice a pořízení ostrovního systému v navrženém případě vyplatí.

1. Obecný popis ostrovních režimů

1.1 Vývoj podpory obnovitelných zdrojů v ČR

Do roku 2010 byla fotovoltaika velkými dotacemi zvýhodňována a na trhu s elektřinou bylo vše jinak. Distributoři připojovali solární elektrárny do sítě a měli povinnost elektřinu přednostně vykupovat. Investor si mohl vybrat, zda si jako formu dotací zvolí výkupní ceny (elektřinu prodával do sítě) nebo zelené bonusy (elektřinu spotřebovával, ale zároveň inkasoval příspěvek za každou vyrobenou kilowatthodinu). [1]

Tabulka 1: Srovnání výkupních cen elektrické energie z obnovitelných zdrojů v ČR [2]

Zdroj	Cena 2007 Kč/kWh	Cena 2008 Kč/kWh	Cena 2009 Kč/kWh	Cena 2010 Kč/kWh	Cena 2011 Kč/kWh	Cena 2012 Kč/kWh
Fotovoltaika*	13,46	13,46	12,79	12,15	5,50	6,16**
Větrné elektrárny	2,46	2,46	2,34	2,23	2,23	2,23
MVE	2,39	2,60	2,70	3,00	3,00	3,19
biomasa	3,37	4,21	4,49	4,58	4,58	4,58
bioplyn	3,04	3,90	4,12	4,12	4,12	4,12

**U fotovoltaiky je uvedena cena pro FVE s výkonem nad 100 kW*

***U fotovoltaiky pro rok 2012 je uvedena cena pro FVE s výkonem do 30 kW*

Vývoj podpory obnovitelných zdrojů v České republice

Obnovitelné zdroje energie (OZE) byly v České republice částečně podporovány již před přijetím zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře obnovitelných zdrojů. Kromě investičních dotací a programu *Slunce do škol* byly od roku 2002 Energetickým regulačním úřadem vyhlašovány výkupní ceny pro jednotlivé kategorie OZE. Některé klíčové zákony vztahující se k energetice, úsporám a efektivnímu využívání energie pocházejí z roku 2000.

Podrobnější vývoj je shrnut v následujícím přehledu:

2004 – Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí (MŽP) připravily vládní návrh zákona o podpoře obnovitelných zdrojů. V původním návrhu byl meziroční pokles výkupních cen omezen na 10 % ročně. Podle Důvodové zprávy k návrhu zákona byl v roce 2010 plánován instalovaný výkon fotovoltaických elektráren 15 MW_p. Z jednání v Poslanecké sněmovně a v Senátu, kde se diskutovalo přednostně o větrných elektrárnách, vyplývá, že s fotovoltaikou se téměř nepočítalo.

2005 – schválení zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. V průběhu schvalování byl meziroční pokles výkupních cen omezen na 5 % ročně. Tato hodnota odpovídala tehdejšímu nastavení pro fotovoltaiku na střechách v obdobném zákoně v Německu (pro fotovoltaiku na zemi 6,5 %)

2006 – Energetický regulační úřad (ERÚ) vyhlásil pro fotovoltaické elektrárny výkupní cenu na 13,20 Kč/(kWh) bez rozlišení výkonu a umístění a dobu výkupu nastavil na 15 let. Pro ostatní OZE byla doba výkupu 20 let, jen pro malé vodní elektrárny 30 let. V jiných evropských státech jsou minimálně od roku 2004 výkupní ceny výrazně diferencovány, pro malé systémy na budovách jsou až o polovinu vyšší než pro velké instalace na zemi. Instalovaný výkon fotovoltaiky na konci roku 2010 odhadoval Jaromír Řehák – nestor fotovoltaiky v České republice – na 29 MW_p.

2007 – po dvou letech platnosti zákona byly uvedeny do provozu první čtyři fotovoltaické elektrárny o výkonu přesahujícím 0,5 MW_p. Celkový instalovaný výkon fotovoltaických elektráren dosáhl na konci roku 3,4 MW_p. Ve Zprávě o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z OZE na základě toho MPO plánovalo na konci roku 2010 instalovaný výkon fotovoltaiky na 10 MW_p.

2008 – německý zákon na podporu OZE byl novelizován, nově závisí pokles výkupní ceny pro fotovoltaiku na instalovaném výkonu v předchozím roce. V letech 2009 až 2011 se výkupní ceny měly snižovat o 8 až 11 % ročně. Pro ostatní OZE zůstal zachován pokles 1 resp. 1,5 %. Česká legislativa na tuto změnu vůbec nereagovala. ERÚ sice rozdělil fotovoltaické elektrárny do dvou výkonových kategorií (do 30 kW_p a nad 30 kW_p), výkupní ceny se však lišily o méně než 1 %. Instalovaný výkon dosáhl na konci roku 65 MW_p, ERÚ však na začátku roku uváděl 54 MW_p. Plán MPO pro rok 2010 byl zvýšen na 185 MW_p.

2009 – dochází k prudkému poklesu cen fotovoltaických panelů, který začal na konci předchozího roku. Propad byl způsoben omezením trhu ve Španělsku, cenovým tlakem čínských výrobců a zejména prudkým zvýšením výroby solárního křemíku, které vedlo k výraznému snížení jeho ceny. Zvýšení výroby solárního křemíku přitom bylo očekáváno až o rok později. V České republice byl na přelomu roku 2008 a 2009 pokles cen panelů zastíněn mnohem rychlejším oslabováním koruny, projevil se proto až ve druhém čtvrtletí 2009. V únoru 2009 odhadoval EGÚ Brno instalovaný výkon na konci roku 2010 na 36 MW_p. Odhad Czech RE Agency se v té době pohyboval mezi 100 a 150 MW_p, byl však založen na chybném údaji ERÚ, viz výše. Nejodvážnější odhady instalovaného výkonu z konce září 2009 končily u 300 MW_p na konci roku 2009. To bylo zřejmě jedním z hlavních důvodů, proč byla novelizace zákona č. 180/2005 odložena, z pohledu zákonodárců zdánlivě nebyla situace nijak kritická.

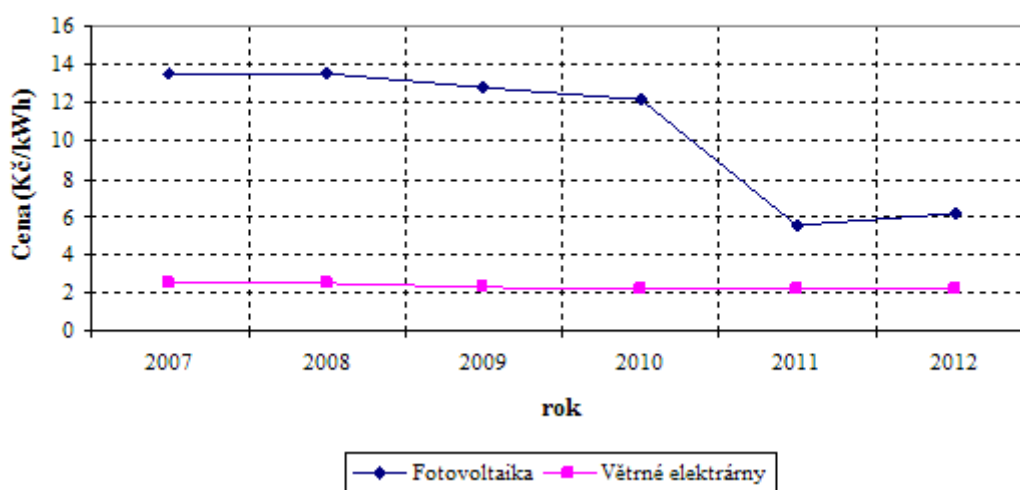
2010 – realita předčila všechna očekávání, ERÚ v únoru 2010 oznámil konečnou hodnotu instalovaného výkonu na konci roku 2009 – 463 MW_p. Ukázalo se, že fotovoltaické elektrárny lze budovat rychleji, než si kdokoli byl schopen představit.



Obrázek 1: Solární elektrárna Protivín na Písecku [3]

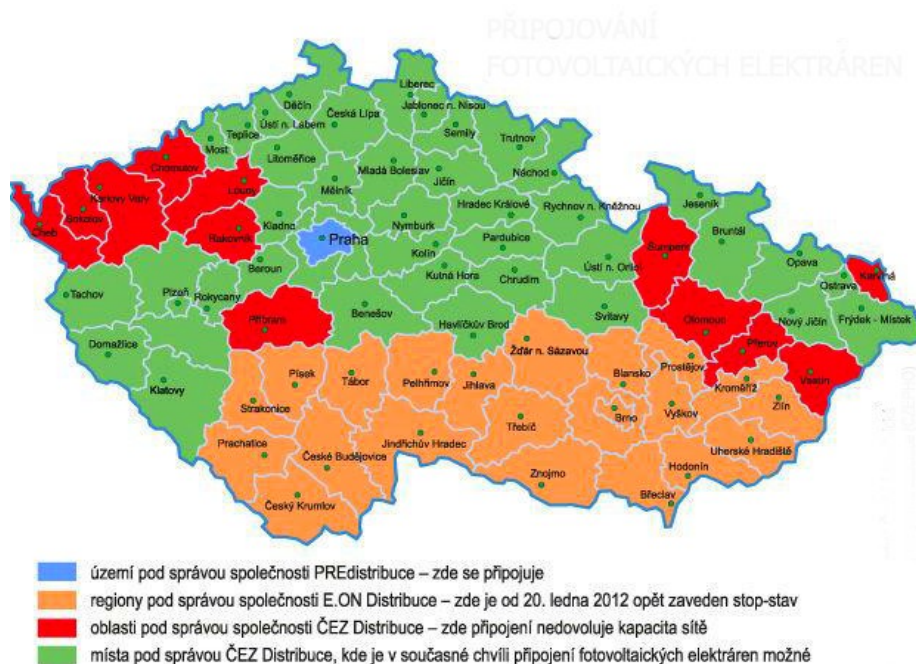
V únoru 2010 distributorské společnosti vyhověly žádosti ČEPS (provozovatel české přenosové soustavy) a zastavily připojování nových fotovoltaických i větrných elektráren. Kvůli výhodným výkupním cenám ve fotovoltaice rostl počet nových elektráren tak, že podle ČEPS hrozilo přetížení přenosové soustavy. Celou situaci umocnily i spekulace o nárůstu cen elektřiny kvůli podpoře čisté energie. Stát zavedl 26 % solární daň a výkupní ceny elektřiny v roce 2011 razantně klesly, což je vidět v obrázku 2. [4]

Vývoj výkupních cen (2007 - 2012)



Obrázek 2 : Vývoj výkupních cen za 1 kWh ze solární a větrné energie

Situace v České republice se tedy od roku 2010 změnila tak, že distributoři odmítají do sítě připojit nové solární i větrné elektrárny (tzv. stop stav). Situace se pak částečně zlepšila začátkem roku 2012, kdy distribuční společnosti obnovily možnost připojit střešní solární elektrárny do sítě, jelikož provozovatel přenosové soustavy ČEPS oznámil, že v roce 2012 bude v síti prostor pro 65 megawattů instalovaného výkonu nových solárních a větrných elektráren (přes velký zájem se však dá předpokládat, že tento výkon poptávce stačit nebude). Možnosti připojení jsou tedy i tak omezené. Omezení je dané jednak jednotlivými distribučními společnostmi a dále pak lokalitou resp. okresem, což znázorňuje následující mapa.



Obrázek 3: Připojování fotovoltaických elektráren [5]

Na střechu domu je možné fotovoltaické panely instalovat, ale protože je připojení do sítě značně omezené či nemožné, nebude tedy distributor elektřinu vykupovat a uživatel nemá nárok na dotaci v podobě výkupních cen. Pokud si i tak člověk chce solární elektrárnu nebo větrnou elektrárnu člověk pořídit, musí tedy vyrobenou elektřinu spotřebovávat sám – pořídit systém nezávislý na rozvodné síti tzv. ostrovní solární systém (grid-off systém). Investice do fotovoltaiky se tím tedy prodraží (nutnou podmínkou je úplné oddělení těchto systémů od sítě, což prodražuje technologii a komplikuje samotný provoz ale technicky lze celkem bez problémů provést). Jediným příjmem z fotovoltaiky tak bude v případě grid-off systému úspora nákladů na elektřinu díky vlastní spotřebě. Cena fotovoltaického panelu se aktuálně pohybuje kolem 32 – 45 korun za W_p [6] (*Watt-peak je jednotka špičkového výkonu fotovoltaické elektrárny. Jedná se o výkon fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách, které jsou: energie dopadající na fotovoltaický panel kolmo, která má hodnotu $E = 1 \text{ kW/m}^2$, průzračnost atmosféry $A_m = 1,5$, teplota článků $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$*). [7]

O návratnosti investice do fotovoltaiky rozhodne mj. i velikost solární elektrárny, aktuální cena elektřiny nebo intenzita slunečního záření. Kromě instalace fotovoltaických panelů (které převádějí sluneční energii na stejnosměrný elektrický proud) a regulátoru dobíjení, lze podle individuálních požadavků kladených na ostrovní systém nainstalovat další komponenty: akumulátory (ve variantách s akumulací), střídač (ve variantě vyrábějící střídavé napětí 230 V). Protože žádná ze součástí elektrárny neobsahuje pohyblivé části, je taková fotovoltaická elektrárna prakticky bezúdržbová a její životnost se počítá na několik desítek let. Ke stavbě solární elektrárny se využívají především vhodné střešní plochy. Instalace na střeše je nejvýhodnější i po stránce bezpečnosti, protože odpadájí náklady na ostrahu elektrárny. Ideální je sedlová střecha orientovaná na jih s možným

odklonem na východ či západ cca 10 – 15 % a sklonem střechy 35 – 45 %. Elektrárna orientovaná na západ či východ vyrobí jen o 20 % méně energie než elektrárna orientovaná na jih. [8]

1.2 Ostrovní systémy

Ostrovními napájecími systémy jsou nazývány systémy, které nejsou propojeny s distribuční elektrickou soustavou a na této soustavě pracují zcela nezávisle. Ostrovní systém je k napájení elektrickou energií využit v tom případě, kdy využití běžné distribuční sítě není možné nebo vhodné.

Příkladů použití lze nalézt několik :

- Nevhodná geografická poloha objektu (připojení k distribuční síti není možné kvůli vysoké ceně za zřízení elektrické přípojky)
- spotřebitel chce využívat obnovitelné zdroje elektrické energie
- malý vliv na životní prostředí
- malé provozní náklady
- nezávislost na distribuční soustavě

Ke zdrojům, které jsou vhodné pro napájení ostrovních systémů patří :

- fotovoltaické elektrárny
- větrné elektrárny
- diesel-generátory
- malé vodní elektrárny
- bioplynové agregáty
- palivové články

Volba typu napájecího zdroje je závislá na geografických a meteorologických podmínkách lokality, kde má být ostrovní systém provozován. Pokud jsou jako zdroj pro ostrovní systém využity dva a více z uvedených typů zdrojů, je takový systém označován za hybridní. Nejobvyklejší hybridní systém je tvořen větrnou elektrárnou a fotovoltaickým panelem. Kombinace fotovoltaického panelu a větrné elektrárny je vhodná zejména proto, že tyto dva zdroje se vzájemně doplňují. V letním období převažuje dodávka elektrické energie z fotovoltaických panelů a v období zimním naopak dodávka z elektrárny větrné. Při použití pouze fotovoltaických panelů jako zdrojů elektrické energie by bylo nutné celý systém dimenzovat tak, aby pokryl spotřebu elektrické energie i v zimním období, kdy lze předpokládat nejmenší zisky ze slunečního záření. Celý hybridní systém by tak musel být značně předimenzován, což by zvyšovalo investiční náklady. [9]

Součásti pro ostrovní solární systém

Solární panely

Zajišťují přísun elektrické energie v závislosti na množství slunečního záření na nich dopadajícího. Jejich výkonovou velikost volíme s ohledem na to, kolik energie budeme v domácím systému využívat. Pokud budeme chtít používat solární systém i v zimních měsících jejich velikost se bude muset podstatně zvětšit v důsledku nižší výtěžnosti v tomto období.



Obrázek 4: Fotovoltaický panel Siliken SLK60M6L 235 W_p [10]

Regulátor dobíjení

Regulátor dobíjení se zapojuje mezi FV panely a akumulátory a slouží k ochraně akumulátorů proti přebíjení nebo jejich hlubokému vybití. Regulátor měří stupeň nabití akumulátorů a v případě potřeby panely odpojuje, při poklesu napětí na akumulátorech naopak panely znovu připojí k dobíjení. Regulátor je nutné zvolit podle pracovního napětí v systému, proudového výkonu FV panelů, podle typu akumulátorů a nároků na teplotní pracovní podmínky a nakonec podle celkového příkonu elektrospotřebičů. Regulátor je zapojen do série s FV panely a akumulátory, v případě optimálního dobití akumulátorů panely odpojí, nebo je propojí nakrátko. Provozní napětí systému s regulátorem s akumulátorovou vazbou je závislé na napětí na akumulátorech, což snižuje účinnost celého systému tím, že panely nemohou pracovat při optimálním napětí. Tento problém řeší optimalizované regulátory, které mají integrovaný převodník stejnosměrného napětí, takže panely mohou pracovat při optimálním napětí. Optimalizovaný regulátor může účinnost systému zvýšit až o 30 %.



Obrázek 5: Regulátor nabíjení MPPT100/30 [11]

Záložní zdroj energie

Do systému se přidává v případě vyššího odběru elektrické energie, než solární systém dodává, například pokud je systém umístěný na chatě a čas od času je potřeba použít nějaký větší spotřebič, bylo by neekonomické navrhovat solární systém na vysoké výkony, když po zbytek roku by byl energie přebytek. K záložním zdrojům energie patří elektrocentrály, které se dají koupit i s výstupem 12 V čímž můžou navíc v zimních měsících dobíjet baterie.



Obrázek 6: Elektrocentrála KIPOR KGE2500X, 2,2 kW [12]

Akumulátory

Pro akumulaci vyrobené elektrické energie jsou vhodné akumulátory, které mají dlouhou dobu nabíjení a dlouhou dobu vybití - autobaterie proto nejsou příliš vhodné, protože jsou konstruovány na vysoký proud za krátkou dobu, kdežto u solárního systému se očekává konstantní proud po co nejdelší dobu. Autobaterie mají díky tomu při použití v solárním systému kratší životnost. Akumulátory určené pro solární systémy by měly mít vyšší odolnost proti hlubokému vybití, nízký minimální nabíjecí proud, nízké samovybití, vysoký počet pracovních cyklů (dlouhá životnost), vysokou akumulační schopnost elektrické energie, odolnost proti nestálosti nabíjecích podmínek a minimální nároky na údržbu. V současnosti je možné využívat klasické olověné akumulátory s tekutým elektrolytem nebo s elektrolytem ve formě gelu, které jsou odolnější proti poškození při překlopení. Akumulátor má také splňovat ekologické požadavky na minimum emisních plynů při nabíjení, životnost akumulátoru v solárním systému by měla být 12 - 20 let. Celková akumulátorová kapacita se dimenzuje s rezervou (pro zapojení další spotřebičů v budoucnu). Kapacitní rezerva (úplné nevybití) také prodlužuje životnost akumulátorů. Při propojování akumulátorů do souboru je nutné dbát na to, aby propojované akumulátory byly stejného typu a stáří, měly stejnou kapacitu a aktuální stupeň vybití. Při paralelním propojování souborů je nutné každý soubor opatřit pojistkou proti poškození zkratem nebo v důsledku velkých vyrovnávacích proudů. [13]



Obrázek 7: Akumulátor Energy Bull 100 Ah [13]

Měníč napětí

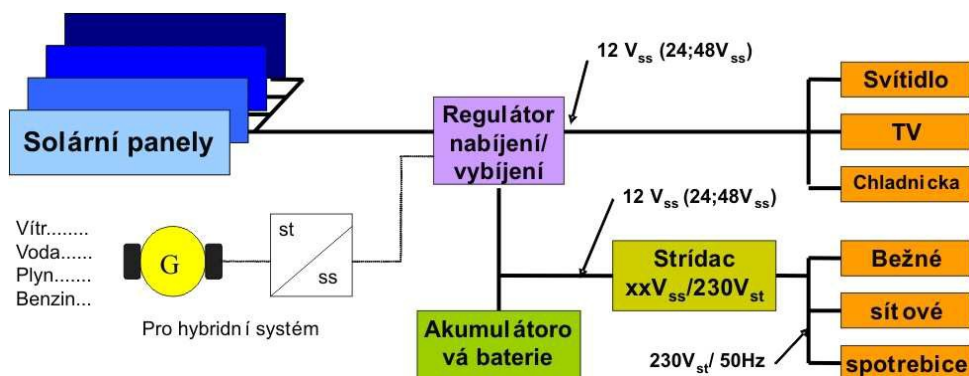
Napětový měnič (invertor) je zařízení, které transformuje stejnosměrný proud 12/24 V na střídavý proud 230 V. Dimenzování měničů je stanoveno na základě maximálního výkonu připojených spotřebičů s určitou rezervou pro spotřebiče potenciálně přidané v budoucnu. Měníč musí mít vysokou účinnost i při nízké zátěži, nízkou vlastní spotřebu energie, musí být odolný vůči krátkodobému přetížení a musí umožnit krátkodobé vysoké hodnoty rozběhového proudu. Dále musí mít ochranu proti přepětí a přetížení ve střídavé části a musí být schopen přizpůsobit výstupní frekvenci požadavkům spotřebičů. Pro ostrovní systémy se používají jiné měniče napětí, než pro systémy připojené na síť. V ostrovním systému je měnič připojen na svorkovnice akumulátorů a střídavý proud vyrábí z relativně stálého napětí 12 V resp. 24 V.



Obrázek 8: Měníč ostrovní SP 3000 [14]

Spotřebiče

Při budování ostrovního systému na výrobu elektrické energie je vhodné volit odpovídající spotřebiče, které fungují na stejnosměrný proud. V současnosti je možné na stejnosměrný proud provozovat televize, rádia, ledničky i vodní čerpadla. Stejnosměrný proud je možné pomocí napětového měniče přetransformovat na proud střídavý, nicméně měnič znamená obvykle nemalou investici, takže je zvláště u menších instalací (do 0,5 kW_p) výhodnější využívat spotřebiče na stejnosměrný proud. Neméně důležitá je také spotřeba energie, čím menší je spotřeba, tím menší budou požadavky na akumulátory a výkon fotovoltaických panelů a tím bude také celá instalace levnější. Je dobré zvolit co nejvíce úsporné spotřebiče. [15]



Obrázek 9: Blokové schéma ostrovního systému [16]

Ostrovní systémy - možnosti zapojení

V závislosti na tom, co se od ostrovního systému očekává a potřebuje, existuje několik typů zapojení.

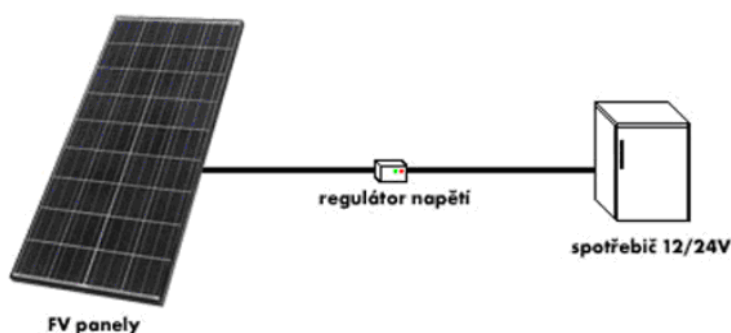
Typy ostrovních systémů

Ostrovní systémy lze instalovat v širokém rozmezí výkonů od malých instalací na zahradních chatkách až po velké instalace pro velké rodinné domy. Mohou být koncipovány na 12 nebo 24 V stejnosměrného napětí nebo na 230 V střídavého napětí.

Ostrovní systémy se tak dělí do následujících kategorií:

a) s přímým napájením (12/24 V) = nejlevnější a nejjednodušší systémy

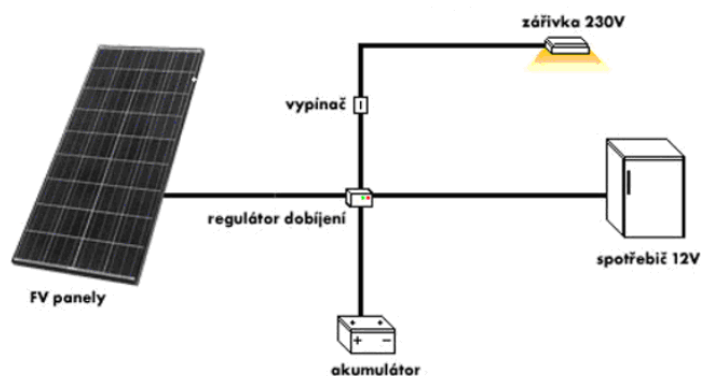
Tato varianta se používá v případech, kdy je připojené elektrické zařízení funkční jenom po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se pouze o propojení solárního modulu a spotřebiče přes regulátor napětí, například při čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, pohon protislunečních clon nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů - mobilní telefon, notebook, svítidla atd. Fotovoltaický panel je zapojený přes regulátor napětí přímo na spotřebič 12/24 V.



Obrázek 10: Ostrovní Systém s přímým napájením [17]

b) s akumulací energie do baterie (12/24 V)

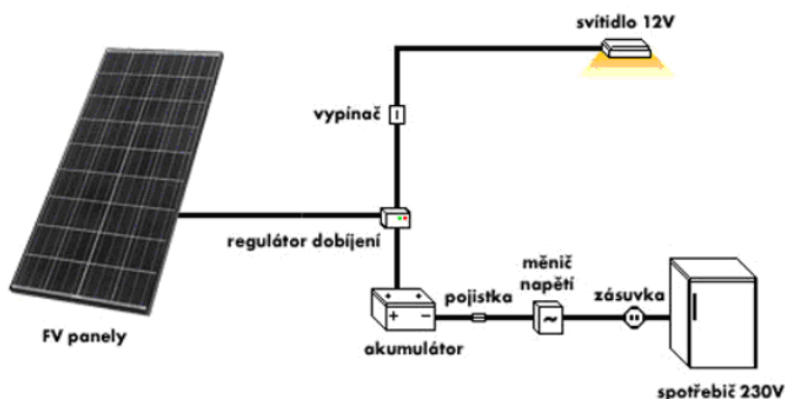
Používají se tam, kde je elektřina potřebná i v době bez slunečního osvětlení. Z tohoto důvodu mají tyto ostrovní systémy speciální akumulátorové baterie, konstruované pro pomalé nabíjení i vybíjení. Baterie skladuje elektrickou energii na dobu bez slunečního svitu. Optimální dobíjení a vybíjení baterie je zajištěno elektronickým regulátorem. Cena se v tomto případě navyšuje o akumulátory, ale tato varianta nabízí daleko větší komfort.



Obrázek 11: Ostrovní Systém s akumulací energie (12/24 V) [18]

c) S akumulací energie do baterie (230 V/50 Hz)

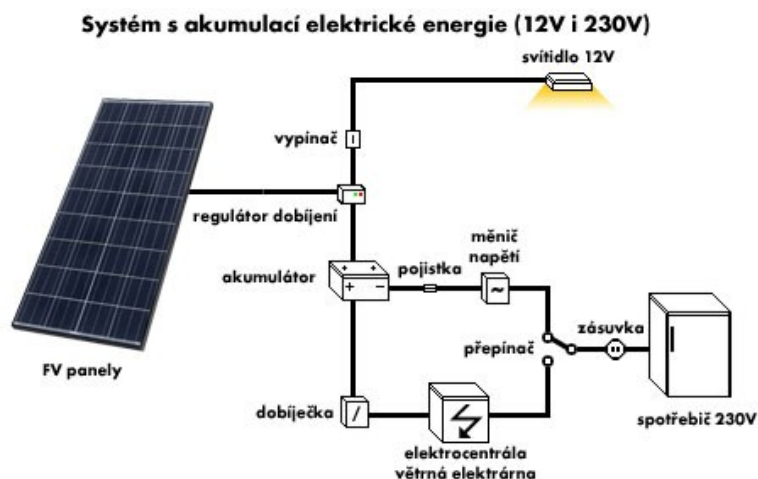
Podobná varianta jako předchozí, ale obsahuje navíc střídač. Cena se navýší právě o tento střídač. Střídač upraví stejnosměrný elektrický proud, vzniklý při fotovoltaiickém jevu, na běžný střídavý proud s kmitočtem 50 Hz k napájení běžných síťových spotřebičů. Pokud je objekt vybaven elektrickými spotřebiči na 230 V, jeví se tato varianta jako rozumnější. Navíc může kombinovat napětí 12/24 V a 230 V.



Obrázek 12: Ostrovní Systém s akumulací el. energie (12 V i 230 V) [19]

d) Hybridní ostrovní systémy

Hybridní ostrovní systémy se používají tam, kde je nutný celoroční provoz a kde je občas používáno zařízení s vysokým příkonem. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaiického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto je rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem a při provozu zařízení s vysokým příkonem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.



Obrázek 13: Hybridní ostrovní systém [20]

Zapojování ostrovního systému

Při zapojování ostrovního systému je nutné nejdříve připojit spotřebiče k regulátoru dobíjení, poté regulátor připojit k akumulátoru a až nakonec připojit fotovoltaický panel. V případě nedodržení tohoto postupu nemusí systém fungovat korektně.[21]

1.3 Úspory elektrické energie

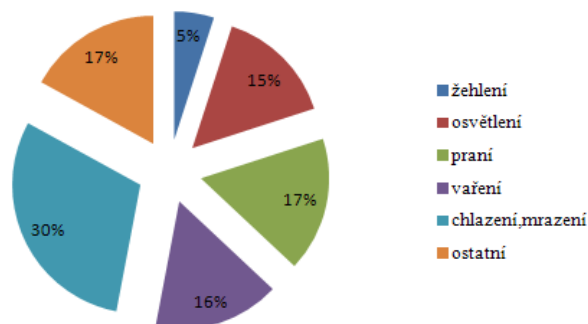
Jedním ze základních údajů při návrhu ostrovního systému je, kolik elektrických spotřebičů se bude se solárním systémem používat, jaký je jejich příkon ve Wattech a kolik hodin denně je budeme používat. Na základě těchto vstupních dat se provede výpočet a návrh solárního systému, tak aby splnil očekávání a potřebu provozovatele. Proto při návrhu energeticky nezávislého domu je nutné v první řadě minimalizovat spotřebu, a teprve potom navrhovat celý systém. Před vlastním návrhem je tedy nutné zamyslet se nad možnými úsporami elektrické energie.

Energeticky úsporné spotřebiče

Počet elektrospotřebičů v domácnostech neustále roste. Cena za jejich pomoc se pozná také na účtu za elektřinu. Spotřeba závisí zejména na tom, jak se s výrobkem zachází. Co zacházením ovlivnit nelze, je spotřeba výrobku, která je daná jeho konstrukcí.

Skoro každé zařízení v domácnosti spotřebovává elektrickou energii. Některá však vyžadují více elektřiny, ale spouštějí se jen na pár minut denně, jiná jsou méně náročná, ale jsou zapojena takřka neustále. Vezme-li se v úvahu standardní domácnost, jednoznačným lídrem skupiny konzumentů elektřiny je lednička spolu s mrazákem. V průměru může až za třetinu účtu za elektrickou energii (mezi elektrospotřebiči, tj. pokud se elektrickou energií netopí a neohřívá voda). Nezanedbatelnou spotřebu mají také činnosti spojené s vařením a praním (oboje ale zatíží domácí účet

z cca 15 %). Naopak třeba televize či počítač, navzdory poměrně vysokému příkonu (100 W i více), na celkové roční spotřebě nemají takový podíl (pokud PC není puštěný 24 hodin denně). Například dvacet let stará chladnička bude mít mnohem větší spotřebu než chladnička moderní, budou-li obě používány stejně. Při nákupu nového spotřebiče je dobrým vodítkem energetický štítek. [22]



Obrázek 14: Struktura spotřeby elektřiny v domácnosti [23]

Energetický štítek

U mnoha typů spotřebičů jsou od roku 2001 povinné údaje o spotřebě elektrické energie, vody, hlučnosti či účinnosti přístroje (charakteristiky závisí na typu spotřebiče). K informacím se v obchodě dostane prostřednictvím tzv. energetického štítku, který kombinací jednoduché grafiky a konkrétních výsledků laboratorních měření musí informovat o spotřebě konkrétního výrobku. V internetovém obchodě musí být všechny informace uvedeny alespoň v textové podobě. Spojujícím a nejdůležitějším údajem na každém elektrickém štítku je spotřeba elektrické energie a z ní plynoucí zařazení do některé z tříd A-F. Třídy si dají představit jako celkovou myslitelnou škálu všech výrobků, seřazených dle konzumace energií. A je nejlepší, F nejhorší. Vzhledem k jejich rozpětí se u moderních výrobků prakticky setkáte s třídami A, B, C (u chladniček je dokonce zakázáno prodávat přístroje s hodnocením D a horším).

Energetický štítek mají povinně:

- automatické pračky, bubnové sušičky prádla
- chladničky, mrazničky a jejich kombinace
- myčky nádobí, elektrické trouby, elektrické ohřívače vody
- zdroje světla, klimatizační jednotky

Malá chladnička, malá sušička spotřebuje méně energie než velká. Proto je na štítku vždy vyčíslena spotřeba konkrétního typu. Je třeba počítat s tím, že spotřeba se stanovovala v laboratoři za určitých podmínek (které byly srovnatelné pro všechny spotřebiče). Jaká bude spotřeba doopravdy, záleží na tom, jak se bude přístroj používat - může být větší i menší. Označení spotřebiče písmenem slouží k porovnání s podobnými výrobky. Na energetickém štítku najdeme i další důležité údaje. Například u praček a myček je důležitým údajem také spotřeba vody, hodnotí se i kvalita praní (resp.

mytí) a účinnost odstřeďování (resp. účinnost sušení). U chladniček a mrazniček důležitá i kvalita izolace - hlavně když dojde k výpadku elektrického proudu. Čím lepší izolace, tím déle vydrží potraviny nepoškozené. U většiny výrobků je velmi důležitým údajem také hluk, který velmi významně ovlivňuje komfort užívání.



Obrázek 15: Měřič výkonu pro domácnost [24]

Energie		Pračka
Výrobce Model	Logo A B C 1 2 3	
Úsporné A B C D E F G Méně úsporné		B
Spotřeba energie kWh/prací cyklus <small>(na základě výsledků normovaného testu při nastavení programu "bavlna 60°C") Skutečná spotřeba energie závisí na způsobu používání spotřebiče</small>		X.YZ
Účinnost praní <small>A: lepší G: horší</small>		A B C D E F G
Účinnost odstřeďování <small>A: lepší G: horší</small> Otáčky při odstřeďování (1/min)		A B C D E F G 1100
Náplň prádla (bavlna) kg Spotřeba vody l		Y.Z YX
Hluk (dB (A) re pW) Praní Odstřeďování		XY XYZ
<small>Další údaje jsou v návodu k použití</small> <small>Norma EN 60456</small> <small>Směrnice 98/10/ES pro označování elektrických praček energetickými štítky</small>		

Obrázek 16: Příklad energetického štítku pro pračku [25]

U většiny výrobků platí, že kategorie C a D představují jakýsi průměr, kategorie F a G označují ne hospodárné spotřebiče. Díky vývoji se s výrobky těchto kategorií naštěstí setkává výjimečně. U chladniček je dokonce zakázáno prodávat na našem trhu výrobky horší než D, naopak zde byly zavedeny dvě kategorie pro nejúspornější výrobky, označené A+ a A++. Označování spotřebičů štítky je tedy povinné, a pokud by v obchodě štítek chyběl, riskuje prodejce pokutu. Podrobnosti o štítcích uvádí vyhláška č. 442/2004 Sb. Spotřebu přístrojů v domácnosti lze zjistit pomocí jednoduchého wattmetru, který obvykle dokáže vyčíslit i náklady na elektřinu. [26]

Jednotlivé spotřebiče a ekonomika provozu

Chladnička, mraznička, pračka a myčka nádobí spotřebují v domácnosti nejvíce elektřiny. Jejich životnost je okolo 10 let, během kterých ceny elektřiny nejspíš porostou. Právě kvůli poměrně vysokým cenám elektřiny se často vyplatí vyměnit starší funkční výrobek za nový s poloviční spotřebou. Návratnost tedy závisí také na ceně elektřiny. Nákup a výběr spotřebiče je vždy potřeba důkladně zvážit.

Elektrický sporák a trouba

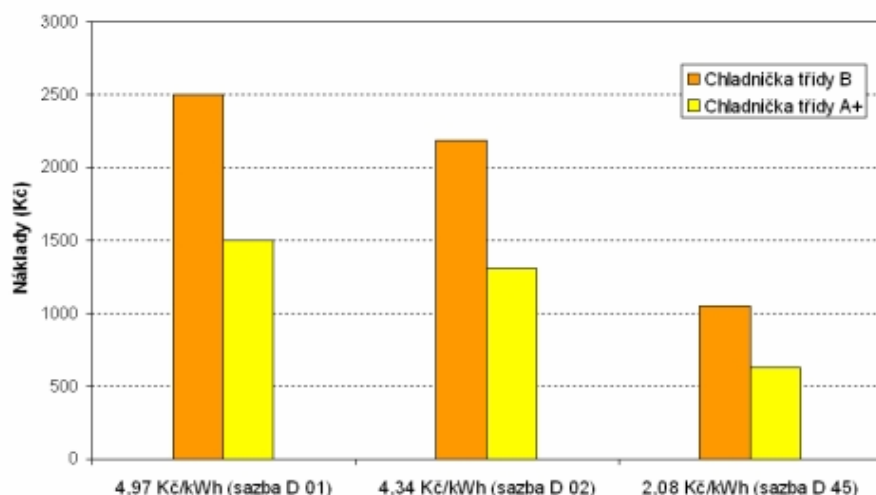
Šetřit energii se dá snadno i při vaření nebo pečení. Například přizpůsobením velikosti hrnce velikosti varné plochy. Použitím hrnce s menším dnem na větší varnou plochu, se zbytečně plýtvá energií. Méně energie se spotřebuje také, když se vaří v hrnci s pokličkou, než bez pokličky. Ještě výhodnější je vařit v tlakovém hrnci, který díky většímu tlaku uvnitř nádoby dokáže uvařit pokrm při nižší spotřebě energie. Také tvar dna hrnce má vliv na spotřebu energie. Ideální pro vaření na elektrickém sporáku nebo elektrické varné desce jsou hrnce s rovným dnem. Hrnce s vypouklým dnem zvyšují spotřebu elektřiny až o 30 %.

Pračka

Pouhým snížením teploty praní z 90°C na 60°C se sníží spotřeba elektřiny o 25 %. Moderní pračky mohou významně přispět k úspoře energie. Spotřeba moderních motorů a dalších součástí praček je dnes o mnoho nižší, než tomu bylo u starších modelů. Jsou navíc vybaveny funkcemi, které rozeznají na základě zvoleného programu a úrovně savosti látky množství vloženého prádla a podle toho nastaví optimální spotřebu vody, energie a délky praní. Z hlediska spotřeby energie i vody je nejúspornější prátl až tehdy, je-li pračka zcela naplněna prádlem.

Chladnička a mrazák

Z běžných elektrospotřebičů v domácnosti jsou to právě chladničky a mrazáky, které spotřebovávají nejvíce energie. Chladničky jsou totiž narozdíl od ostatních spotřebičů v domácnosti neustále v provozu. Pro úspornější provoz je dobré chladničku umístit na suchém, chladnějším a dobře větraném místě. Neměla by být umístěna v blízkosti topení, sporáku nebo na přímém slunci. Vyšší teplota okolí zvyšuje spotřebu energie a snižuje životnost chladničky. Ideální teplota k uchování potravin v chladničce je + 5°C, v mrazáku – 18°C. Snížení teploty uvnitř chladničky o 2°C znamená zvýšení spotřeby energie o 15 %. Chladničku otevírat jen na nezbytně nutnou dobu. Teplý vzduch z místnosti vnikne dovnitř a chladnička bude potřebovat další energii na jeho ochlazení na nastavenou teplotu. Pokud je chladnička již stará vyplatí se neváhat a vyměnit ji ještě před koncem její životnosti. Investice do nové ledničky se určitě vyplatí, protože moderní chladničky spotřebovávají o dvě třetiny méně elektřiny.



Obrázek 17: Roční náklady na provoz chladničky různých tříd [27]

Mikrovlnná trouba

Mikrovlnná trouba je z pohledu hospodárného využívání energie vhodná pro ohřívání pokrmů. V mikrovlnné troubě se jídlo ohřívá přímo na rozdíl od sporáku, kde se napřed ohřívá hrnec a teprve od něj přejímá teplo ohřívána potravina. Přesto i v případě mikrovlnné trouby existují možnosti úspor. Nebudou-li se v mikrovlnné troubě ohřívát pokrmy, více než je nezbytné, dá se ušetřit přibližně 15 % energie.

Myčka na nádobí

Při mytí nádobí pod tekoucí vodou spotřebujete přibližně 30 l vody, přičemž úsporná myčka k tomu potřebuje asi o polovinu méně. Poloviční spotřeba vody a další technické vymoženosti umožňují moderním myčkám při mytí nádobí ušetřit 35 až 60 % elektřiny. Navíc komfort a kvalita mytí nádobí jsou s ručním mytím nesrovnatelné. Díky dezinfekčním přísadám je nádobí také zbaveno veškerých bakterií. Moderní myčky jsou vybaveny senzory, které po celou dobu mycího cyklu sledují míru znečištění odtékající vody. Myčka pak těmto údajům přizpůsobuje jak množství mycích přísad, tak i množství a teplotu přitékající vody. Tím myčka dosahuje maximální efektivity. Spotřebuje jen takové množství vody a energie, které je nezbytně nutné k dokonalému umytí nádobí. [28]

Další označení úsporných spotřebičů

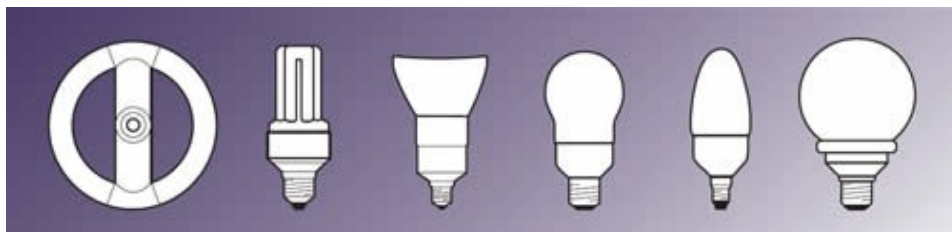
Počítače, tiskárny, kopírky a další kancelářská technika se vyskytuje s označením Energy star, které označuje zařízení s nízkou spotřebou. Většinu osobních počítačů lze nastavit tak, aby při nečinnosti spotřebovávaly elektřiny co nejméně.



Obrázek 18: Značky pro PC a zdroje světla [29]

Energeticky úsporné osvětlení

Umělé osvětlení je každodenní součástí života člověka, prodlužuje jeho den, osvětluje prostory bez denního světla. Umělé osvětlení musí splňovat požadavky na zrakovou pohodu a zrakový výkon. V oboru umělého osvětlení lze dosáhnout značných úspor při relativně nízkých investičních nákladech. Hlavními parametry při volbě světelných zdrojů jsou životnost, úspora elektrické energie a šetrný přístup k životnímu prostředí. Vhodnou kombinací moderních světelných zdrojů (halogenové žárovky, kompaktní úsporné zářivky, lineární zářivky, LED diody) lze dosáhnout všech těchto parametrů. Z hlediska energetických úspor je rozhodující používání účinných zdrojů světla. Poměr mezi spotřebou elektřiny a svítivostí zdroje může být výrazný - například u žárovek je při stejné úrovni osvětlení zhruba 4 x vyšší než u zářivek. Důležitým parametrem výběru světelného zdroje je měrný výkon, udávaný jako lm/W , který vyjadřuje účinnost přeměny elektřiny ve světlo. Pro použití světelného zdroje k osvětlování interiéru s trvalým pobytem osob je nutno dosáhnout určité kvality světla zdroje, vyjádřené indexem podání barev, který by měl být větší než 80. [30]



Obrázek 19: Tvary kompaktních zářivek s integrovaným předřadníkem [31]

Typy zdrojů světla

Standardní žárovky a reflektorové žárovky

Standardní žárovky a reflektorové žárovky jsou nejznámější, nejrozšířenější a také nejméně hospodárné zdroje světla s nejnižší hodnotou měrného výkonu - pouhých 8 až 18 lm/W . Na světlo se tak přemění jen 3 - 5 % spotřebované energie, zbytek je většinou ztrátové teplo. Reflektorové žárovky se používají pro místní zvýraznění, tedy jako světelný akcent. Instalaci žárovek lze doporučit pouze v místech s krátkodobým a spíše nepravidelným svícením (např. na WC, v komoře atd.).

Halogenové žárovky

Halogenové žárovky mají oproti klasickým až dvojnásobnou životnost a také až dvojnásobný světelný výkon (14 - 20 lm/W). Uplatní se jako doplňkové bodové osvětlení, pro optické zdůraznění detailu či osvětlení ve speciálních případech. Pozor na nevhodnou montáž - halogenová žárovka je silným zdrojem tepla.

Zářivky

Zářivky patří k účinným zdrojům světla (měrný výkon 40 - 106 lm/W) a ve srovnání se standardní žárovkou spotřebují pro vyprodukování stejného množství světla jen asi 15 - 25 % energie. Výhodou je také jejich nízká povrchová teplota. Nevýhodou je pomalejší náběh na plný výkon. Kompaktní zářivky mají trubici i předřadník spojeny v jeden celek. Jejich výměna je proto - oproti zářivkám s odděleným předřadníkem (většina svítidel s lineárními trubicemi), kde se mění jen trubice - dražší. Kompaktní zářivky se vyrábějí jak se závitem E27, tak se závitem E14 a lze je přímo našroubovat do objímek stávajících svítidel.

Žárovky s LED diodami

Žárovky s LED diodami se pro osvětlování používají teprve v posledních letech. Dosud se LED diody používají hlavně jako kontrolky k přístrojům. Hlavní jejich výhody jsou velmi dlouhá životnost, výborná energetická účinnost, malé rozměry a snadné vytvoření úzkého svazku světla. Často se s nimi proto setkáme jako s náhradou reflektorových halogenových žárovek. Významnou nevýhodou je ale barevné podání - na rozdíl od žárovek, které vyzařují spojitě spektrum, je světlo LED diod omezeno na úzkou oblast vlnových délek. Pro dosažení bílé barvy a dobrého barevného podání se proto používá například luminofor nanesený na kryt diody, který část modrého světla přemění na záření v zelené a červené části spektra. Světelný výkon je 40 - 75 lm/W. [30]

Stand-by spotřeba

Stand-by režim neboli pohotovostní režim je běžně využívaný vypnutý stav spotřebičů v domácnosti. Pohotovostní režim je především velmi pohodlný pro uživatele. Stačí vypnout televizi ovladačem nebo klepnout do klávesnice a spotřebič se považuje za vypnutý. Ve chvíli, kdy se rozhodne spotřebič opět použít, stačí pouze zmáčknout tlačítko. Je to tedy režim, který umožňuje okamžitý přechod spotřebiče do režimu operativního. Jeho nevýhodou však je, že není zadarmo, protože zdánlivě vypnuté elektrické spotřebiče, jejichž indikátorem je většinou svítící dioda, trvale odebírají ze sítě malé množství energie a tím zvyšují účet za elektřinu. Je to způsobené tím, že tyto spotřebiče mají zabudovaný transformátor, který spotřebovává proud neustále. Jde hlavně o elektroniku (televize, videa, satelitní přijímače, hi-fi věže, počítače, tiskárny, faxy, kopírky, ale i mnoho druhů lampiček). Množství energie, které spotřebiče ve stand-by režimu odebírají, se odvíjí od stáří spotřebičů, protože u starších typů je většinou stand-by režim energeticky náročnější – jejich příkon se může pohybovat i okolo 20 W. Mezi nejnáročnější patří např. televize s CRT obrazovkami,

stolní počítače a také stolní videa, u nichž může spotřeba při pohotovostním režimu představovat až 50 % spotřeby při provozu. Pokud domácnost nechce ročně přicházet až o několik tisíc korun za energii spotřebovanou tímto režimem, je nutné spotřebiče úplně vypojovat z napájení.

Tabulka 2: Příklad el. spotřebičů a jejich spotřeby [32]

Přístroj	Pracovní mód (W)	Stand-By mód (W)
Klasická televize	130	5
LCD televize	80	1
Plazmová televize	450	1
Hi-Fi věž	17	9
Notebook	30	1
Výkonný stolní počítač	400	5
Laserová tiskárna	550	15

Stand-by režim u nových spotřebičů je většinou výhodnější – spotřebovávají okolo 1 – 2 wattů. Je proto důležité tuto informaci sledovat již při výběru spotřebiče. Ty s nižší spotřebou mohou být dražší, ale rozhodně ušetří peníze při provozu. [32]

Seznam možností úspor elektrické energie

1. Modernizovat spotřebiče

Bojovat proti spotřebě vzniklé díky stand-by režimu lze i nahrazením starého spotřebiče pomocí modernějšího a úspornějšího přístroje. Před koupí je však třeba uvědomit, že ne všechny typově stejné spotřebiče mají i totožnou spotřebu při stand-by režimu (standard u většiny spotřebičů je 1 W. Mnozí výrobci však dokázali energetickou náročnost stlačit i pod tuto hranici).

2. Vypínat spotřebiče

Pokud mají spotřebiče vypínání nejenom na dálkové ovládání, nezapomínejte na kompletní vypnutí spotřebiče. Pokud se odjíždí na delší dobu pryč nebo se spotřebič nepoužívá, je zbytečné nechávat ho v pohotovostním režimu. Zároveň se jeho úplným vypnutím zabrání tomu, aby náhodou došlo ke zkratu.

3. Vypínat adaptéry

Nenechávat nabíječky (na mobil, baterie, atd.) v zásuvce, pokud se zrovna nedobíjí. Adaptéry i nabíječky jsou horké, i když zrovna nic nedobíjí. To je důsledek jejich automatického přeměňování části elektrické energie na naprosto neužitečné teplo po celou dobu, co jsou zapojeny do sítě.

4. Wattmetr

Wattmetr je malý chytrý přístroj, díky němuž se může zjistit, kolik energie spotřebič opravdu spotřebuje. Zacházení s ním je velmi prosté – jednoduše se zasune do zásuvky a jakýkoliv spotřebič se připojí přes něj. Díky tomu se může přesně změřit aktuální odběr energie, odběr za celý den nebo i za delší dobu.

5. Zapojit pomocníky

Známým řešením je pořízení prodlužovacího kabelu s centrálním vypínačem. Existují ale i zajímavější a jednodušší nápady. Například dálkově ovládané zásuvky, které se můžou na jeden povel vypnout či zapnout nebo pomocí časového spínače vyřadit co nejvíce zásuvek z provozu přes noc. Na podobném principu funguje spořič energie, který zajistí úplné odpojení spotřebičů od rozvodné sítě jenom několik sekund po jejich přepnutí do režimu stand-by. Jednoduše se zapojí mezi prodlužovací přívod a elektrickou zásuvku. Reaguje na povel dálkového ovládání, jímž se jednoduše aktivuje a deaktivuje.



Obrázek 20: Prodlužovací kabel s vypínačem zásuvek [33]

6. Vhodný zdroj osvětlení

Dosažené úspory nejsou ani v oblasti osvětlení zanedbatelné. V praxi to znamená používat vhodné osvětlení pro konkrétní účel a zbytečně nesvítit v prostorách, kde to v danou chvíli není nezbytné. Větších úspor se dá dosáhnout investicí do nákupu úsporných žárovek. Tato investice se určitě vyplatí. S úspornými žárovkami se totiž uspoří až 80 % energie. K výhodnosti investice přispívá i větší životnost úsporných zářivek. Klasická žárovka vydrží svítit cca 1 000 hodin, úsporná až 15 000 hodin, tedy patnáctkrát déle. [34]

1.4 Akumulace

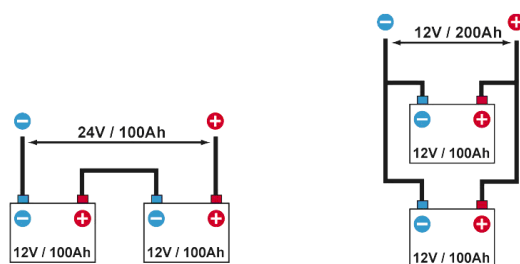
Výkon solárních a větrných elektráren je vždy dán aktuálními klimatickými podmínkami, které se nedají ovládat. To znamená, že obnovitelné zdroje jsou časově proměnlivé a nestabilní. Slunce svítí jen ve dne a jen při jasné obloze, vítr nefouká v každé lokalitě stejně. Průměrná množství jednotlivých podob energie v určitých lokalitách nejsou zanedbatelná. Bohužel je většinou potřeba jiná forma energie, v jiný čas a na jiném místě. Je tedy nutnost energii transformovat a akumulovat.

Akumulace energie je proces umožňující uskladnění energie na vhodném místě, ve vhodné formě, aby byla připravena pro příští použití ve vhodný čas v požadované kvantitě i kvalitě. Zařízení pro akumulaci energie se obecně označuje jako akumulátor. Je to tedy technické zařízení na opakované uchovávání energie, obvykle elektrické. Akumulátor je sekundární článek, tzn. je potřeba nejdříve nabít a teprve potom je možné jej použít jako zdroj energie. Chemická reakce vytvářející proud je u akumulátorů vratná. Po proběhnutí reakce s výdejem energie (při vybíjení) lze dodáním nové energie zvenčí (nabíjení stejnosměrným proudem) znovu téměř obnovit výchozí stav chemického systému. [35]

Nejmenší jednotka akumulátoru se nazývá článek. Akumulátor se obvykle sestává z více takových článků, jež jsou elektricky spojeny do jednoho celku. Jeden olověný článek poskytuje jmenovité napětí 2 V. Například 12 V akumulátor má šest článků ($6 \text{ článků} \times 2 \text{ V} = \text{jmenovité napětí } 12 \text{ V}$). Kapacita akumulátoru se uvádí v Ah (ampér-hodinách) a je to množství elektrického náboje, které může akumulátor dodat.

Prosadily se hodnoty jmenovitého napětí 6 V, 12 V, 24 V, 36 V, 48 V a 80 V. Dva nebo více akumulátorů lze zapojit do série, kdy se napětí obou akumulátorů sčítá a kapacita zůstává stejná ($2 \times 12 \text{ V akumulátor po } 100 \text{ Ah} = 24 \text{ V, } 100 \text{ Ah}$). Pokud by akumulátory byly zapojeny paralelně, napětí zůstane stejné a sčítá se kapacita ($2 \times 12 \text{ V akumulátor po } 100 \text{ Ah} = 12 \text{ V, } 200 \text{ Ah}$).

U obou způsobů zapojení je důležité používat akumulátory stejného typu a se stejnou kapacitou. Akumulátory by také měly být stejně staré a před uvedením do provozu by měly být plně nabity.



Obrázek 21: Zapojení akumulátorů [36]

Akumulátor je důležitá součást ostrovního systému, jelikož výběrem nevhodného typu akumulátoru se může degradovat celkový výkon systému o desítky procent. Malou kapacitou pak o možnost získání přebytků el. energie získané za slunečných dnů, které mohou chybět při zatažené obloze. Je tedy nutné ukládat energii, když je jí více, než je nutné pro okamžitou spotřebu a vydávat energii tehdy, když je její dodávka z obnovitelných zdrojů nedostatečná. [35]

Požadavky na akumulátory v ostrovním režimu

Ostrovní systémy využívají speciální akumulátorové baterie, které mají dlouhou dobu nabíjení i vybíjení. Tyto akumulátory musí mít zvýšenou odolnost proti hlubokému vybití, nízký minimální

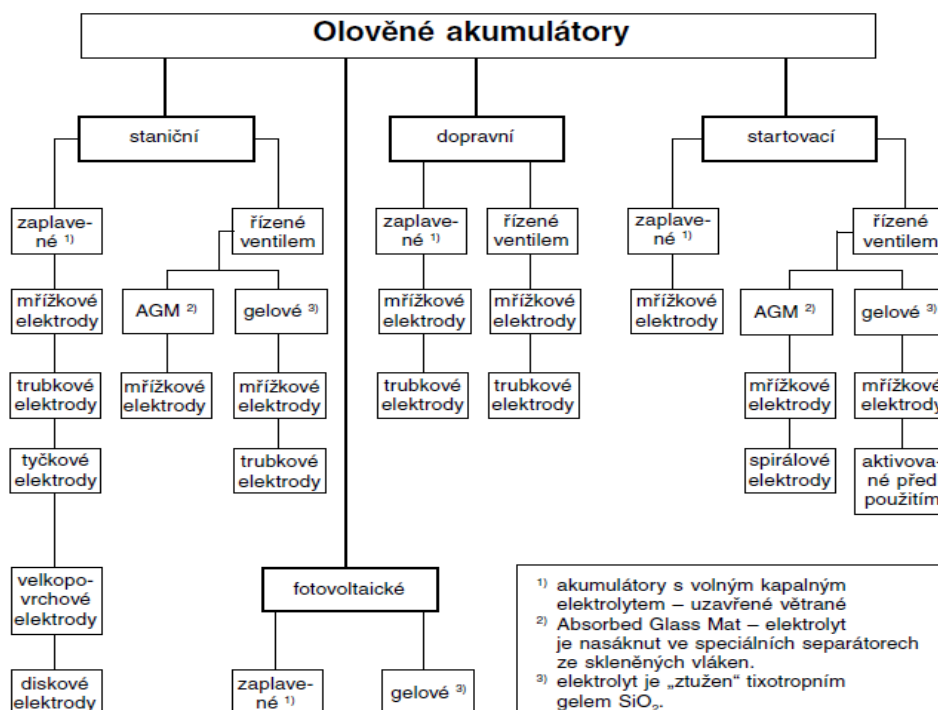
nabíjecí proud, nízké samovybíjení, odolnost proti nestálosti nabíjecích podmínek, minimální nároky na údržbu a vysoký počet pracovních cyklů (prodlužuje životnost baterie). Životnost akumulátoru s takovými vlastnostmi by měla být 10 - 12 let. Celková akumulátorová kapacita by měla být cca o 20 % vyšší než je nutná pro bezproblémový provoz. Kapacitní rezerva umožňuje do budoucna eventuální připojování dalších spotřebičů, navíc prodlužuje životnost akumulátorů. Akumulátorový soubor tvoří propojené akumulátory stejného typu a stáří, se stejnou kapacitou a aktuálním stupněm vybití. Aby při paralelním propojení souborů nedošlo k jejich poškození v důsledku velkých vyrovnávacích proudů, je nutné každý akumulátorový soubor opatřit pojistkou. [37]

1.5 Varianty baterií

Většina dnes běžně užívaných elektrických akumulátorů je založena na elektrochemickém principu. Typy akumulátorů se dají rozlišit podle jejich chemického složení.

Olověný akumulátor (Pb)

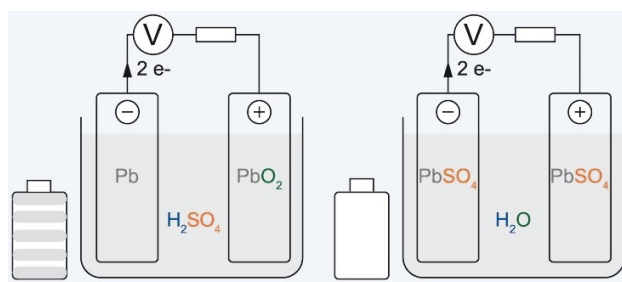
Jelikož je v současné době u ostrovních systémů nejpoužívanějším typem akumulátoru právě olověný, bude mu v této práci věnován větší prostor než typům ostatním. Tento typ akumulátoru je vyráběn v široké škále kapacit. Za jeho velké rozšíření je zodpovědná dobře zvládnutá technologie výroby a především výborný poměr cena/výkon. Olověné akumulátory jsou v podstatě galvanické články s elektrodami na bázi olova a elektrolytem tvořeným zhruba 35 % roztokem kyseliny sírové. Záporné elektrody jsou vyrobeny z houbovitého olova, kladné elektrody pak z oxidu olovičitého.



Obrázek 22: Rozdělení různých konstrukcí akumulátorů podle účelu použití [38]

Princip funkce

Přeměna energie z chemické na elektrickou vyžaduje dvě elektrody, jež jsou uvnitř článku vzájemně spojeny prostřednictvím roztoku (elektrolyt). Desky elektrod sestávají v nabitém stavu z olova a z oxidu olovičitého. Kladná elektroda je z oxidu olovičitého, záporná elektroda z jemně rozptýleného houbovitého olova. Elektrolytem je kyselina sírová, která zajišťuje tok iontů mezi elektrodami. Elektrolyt z kyseliny sírové a destilované vody může být kapalný, gelový nebo vázaný do vrstvy vláken. Olověný akumulátor obsahuje kombinaci různých látek, které jsou schopné prostřednictvím vratných elektrochemických reakcí přijímat a odevzdávat elektrickou energii. Když akumulátor dodává proud, záporně nabité síranové ionty (SO_4^{2-}) kyseliny sírové (H_2SO_4) se vážou na desky. Obě desky se tak postupně mění na síran olovnatý (PbSO_4). Nenabitá atomy olova (Pb) v olověné desce získávají dva kladné náboje (Pb^{2+}) a ionty olova s dosavadními čtyřmi kladnými náboji (Pb^{4+}) v desce z oxidu olovičitého pak mají rovněž dva kladné náboje. Olověná deska elektrochemicky oxiduje (z Pb na Pb^{2+}), deska z oxidu olovičitého prochází elektrochemickou redukcí (z Pb^{4+} na Pb^{2+}). Aby se tento rozdíl vyrovnal, proudí elektrony z olověné desky do desky z oxidu olovičitého. Díky tomuto procesu dodává akumulátor elektrický proud. [39]



Obrázek 23: Chemický proces NAB/VYB PB baterie [40]

Rozdělení olověných akumulátorů:

1) Podle způsobu použití:

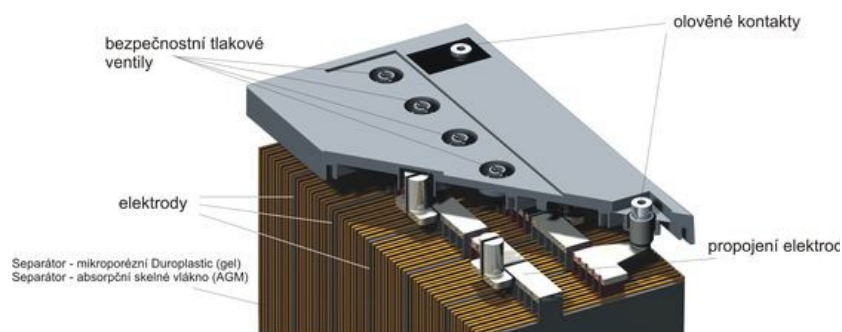
a) *Startovací akumulátory*

Startovací akumulátory (akumulátory SLI – Starting, Lighting, Ignition) se v zásadě používají ke startování spalovacích motorů. Krátkodobě dodávají velké množství el. energie a lze je použít k několika tisícům startování. Startovací akumulátory nejsou konstruovány pro delší dobu napájení spotřebičů (např. svícení světel po celou noc). Tento typ akumulátorů je citlivý na hluboké vybití, neboť dochází k trvalému poškození akumulátoru.

b) *Trakční akumulátory*

Tyto akumulátory jsou konstruovány tak, aby elektrickým spotřebičům dodávaly el. energii po delší dobu. Tento typ akumulátorů se také nazývá cyklický akumulátor – každé nabití a vybití

představuje jeden cyklus. Životnost těchto akumulátorů je přibližně 1500 cyklů. Na rozdíl od startovacích akumulátorů se tyto akumulátory mohou hluboce vybit až z 80 %, aniž by došlo k poškození.



Obrázek 24: Olověný startovací akumulátor [41]

Základní rozdíly mezi akumulátory startovacími a akumulátory trakčními spočívají v rozložení elektrod. Startovací akumulátory jsou vybaveny velkým počtem tenkých elektrod, aby bylo dosaženo co největší aktivní plochy a aby tyto akumulátory dokázaly, nárazově poskytnout vysokou úroveň vybíjecích proudů, které jsou po tomto typu akumulátoru vyžadovány. Nevýhodou tohoto uspořádání je nesnášenlivost hlubokého vybití, které může zapříčinit trvalé poškození článků a výrazné snížení jejich kapacity. Naproti tomu trakční akumulátory jsou konstruovány pomocí velkých tlustých elektrod, které sice nevyvinou tak velké proudy, nicméně jsou výrazně odolnější vůči hlubokému vybití akumulátoru. Tyto akumulátory se používají v aplikacích, kde dochází k častému vybíjení akumulátoru, jako jsou například ostrovní systémy, elektrické vozíky a mnohé další. [42]

2) Podle technologie

- a) **Zaplavené trakční baterie** – jedná se o variantu s kapalným elektrolytem (roztokem kyseliny sírové a vody). Tyto trakční baterie jsou vhodné všude tam, kde není překážkou nebezpečí úniku kyseliny, baterie jsou sice méně výkonné, ale lze je nabíjet jakoukoliv nabíječkou a jsou nejodolnější z hlediska údržby, některé modely zaplavených trakčních baterií lze doplňovat destilovanou vodou, jiné jsou nízkoúdržbové.
- b) **Trakční baterie typu AGM** - elektrolyt je zasáknutý ve skelném rounu, tyto trakční baterie jsou výkonnější, ale rovněž náchylnější na přebíjení, výrobce doporučuje nabíjet raději pouze elektronicky řízenou nabíječkou s automatickým přepnutím.
- c) **Trakční baterie GEL** - jsou nejvýkonnějším typem trakční baterie, mají nejdelší životnost, ale jsou také nejchoulostivější. Tato choulostivost je však spojena se správným typem nabíječky. Platí pravidlo plně nabíjet a nepřebíjet.

Typy olověných akumulátorů:

Otevřené akumulátory WET

Akumulátory tohoto typu jsou známy také jako standardní akumulátory nebo běžné akumulátory. Lze je snadno rozpoznat podle šroubovacích krytek na plášti. U těchto akumulátorů lze provádět údržbu (destilovanou vodu je možné doplňovat) a lze je nabíjet pomocí každého nabíjecího přístroje.

Oblast použití: Startovací a trakční akumulátory

Uzavřené akumulátory WET

Tyto akumulátory jsou označovány také výrazem bezúdržbové akumulátory. Oproti akumulátorům WET nelze tyto akumulátory otevírat - jsou uzavřené a nelze je doplňovat. Tento druh akumulátorů vyžaduje regulované nabíjecí přístroje.

Oblast použití: Startovací akumulátory

Akumulátory VRLA

Zkratka VRLA označuje rekombinační akumulátory. Při rozkladu vody na jednotlivé složky (vodík a kyslík) v rámci galvanického procesu se v akumulátorech uvolňují plyny. Plyny se normálně odvětrávají. V rekombinačním akumulátoru se vodík a kyslík zadržují a prostřednictvím chemické reakce z nich opět vzniká voda (probíhá rekombinace). Reakce vyžaduje určitý tlak v akumulátoru. Při příliš vysokém tlaku v důsledku nesprávného zacházení (chybný nabíjecí přístroj) se ventily otevřou. Plyny mohou unikat ventilem, trvale však snižují životnost akumulátoru. Kromě toho nesmí nikdy do akumulátoru proniknout vnější vzduch. Rekombinační akumulátory se nesmí nikdy otevírat a jsou zcela bezúdržbové. Pravidelně by se však mělo kontrolovat pevné usazení a čistota konektorů akumulátoru. Tento druh akumulátorů vyžaduje regulované nabíjecí přístroje.

Oblast použití: Startovací a trakční akumulátory.

Rozdíly v jednotlivých typech akumulátorů rozlišených podle výrobní technologie jsou patrné již z jejich názvů a v postatech lze říct, že se jedná o různé technologie určené k zamezení volného úniku elektrolytu. Všechny výše zmíněné technologie poskytují každému článku jmenovité napětí 2 V, v zátěži pak 1,75 V. Samovybíjení probíhá rychlostí 3 - 30 % kapacity za 30 dní, nejvyšší hodnota se však týká nejstarších typů akumulátoru. Dnešní moderní konstrukce zajišťují hodnoty mnohem nižší.

[43]

Další varianty akumulátorů:

a) Nikl-metal hydridový akumulátor (NiMH)

Jedním z nejužívanějších nabíjecích akumulátorů je akumulátor Nikl-metal hydridový. Důvodem jeho rozšířenosti je jeho značně velká kapacita a schopnost dodávat poměrně velký proud, přičemž náklady na jeho výrobu jsou poměrně nízké. Základními prvky tohoto akumulátor jsou, kladná elektroda tvořena oxidem-hydroxidem niklitým, záporná elektroda tvořena speciální kovovou slitinou, která s vodíkem vytváří směs hydridů neurčitého složení a elektrolyt umístěný mezi nimi, který je tvořen vodným roztokem hydroxidu draselného. Tyto chemické reakce poskytují Ni-MH článkům jmenovité napětí 1,2 V. Hlavní nevýhodou těchto článků je takzvaný samovybíjecí efekt, který při pokojové teplotě (20°C) způsobuje vybití zhruba 15-30 % kapacity během 30 dní. [43]

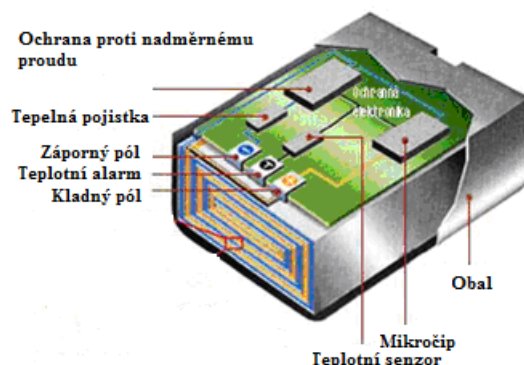
b) Nikl-kadmiový akumulátor (NiCd)

Tento typ akumulátoru není tak rozšířen jako předchozí Ni-MH akumulátor, důvodem je jeho menší měrná kapacita a obsah jedovatého kadmia. Konstrukčně je řešen stejně jako akumulátory Ni-MH, liší se pouze materiály, ze kterých jsou jednotlivé části vyrobeny. Kladná elektroda je tvořena oxidem hydroxidu niklitým, záporná elektroda je tvořena kadmíem a jako elektrolyt je obvykle použit vodný roztok hydroxidu draselného. Ačkoli mají Ni-Cd akumulátory zhruba o 40 % nižší kapacitu než Ni-MH, Ni-Cd akumulátory jsou schopny pracovat za podstatně horších provozních podmínek (př.: do teplot -40°C), dále mají tyto akumulátory podstatně menší vnitřní odpor a proto jsou schopny vyššího výkonového zatížení než Ni-MH. Poslední výhodou těchto akumulátorů je možnost dlouhodobého skladování ve vybitém stavu bez snížení jejich kapacity, což u většiny dnes používaných akumulátorů není možné. [44]

c) Lithium-iontový akumulátor (LiIon)

Jedná se o relativně nový typ akumulátoru, který v dnešní době postupně nahrazuje akumulátory Ni-MH. Velkou výhodou je vysoká hustota energie, což umožňuje výrobu malých lehkých akumulátorů, které se výborně hodí pro množství mobilních přístrojů. Záporná elektroda Li-Ion akumulátoru je vyrobena z uhlíku katoda je tvořena směsí oxidů lithia s dalším kovem a elektrolytem je lithiová sůl, rozložení elektrod je patrné z obrázku 1.4. Výhodou tohoto chemického složení je, že výše zmíněná chemická reakce poskytuje napětí 3,6 V tj. trojnásobek jmenovitého napětí Ni-MH/Ni-Cd akumulátorů, což je příčinou výše zmíněné vysoké hustoty energie, další výhodou je velice malé samovybití a žádný paměťový efekt. Na obrázku 1.4 je patrná elektronická část akumulátoru, která je nutnou součástí zajišťující bezpečný provoz. Li-Ion akumulátory jsou totiž velice citlivé na přebíjení a hluboké vybíjení, oba tyto stavy výrazně poškozují akumulátor a trvale snižují jeho kapacitu. Rovněž je nutno hlídat teplotu akumulátoru, Li-Ion akumulátory mají tendenci se při vyšší zátěži výrazně zahřívat a pokud by nebyly vybaveny dostatečnou elektronickou ochranou, mohlo by dojít i k explozi akumulátoru. Dalšími nevýhodami,

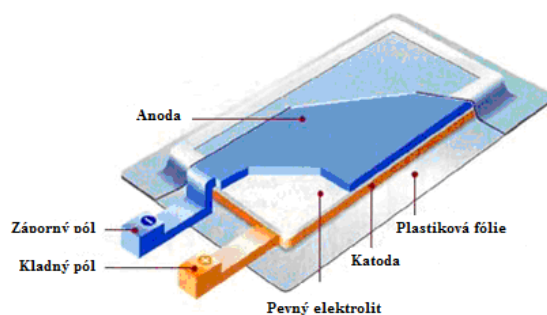
je možnost úniku elektrolytu a omezená životnost akumulátoru zhruba na 3 roky, po kterých dojde k rozkladu elektrod a skokovému zhoršení vlastností akumulátoru [45].



Obrázek 25: Příklad konstrukce Li-Ion akumulátoru [46]

d) Lithium-polymerový akumulátor (LiPol)

Li-Pol akumulátory mají obdobné vlastnosti jako akumulátory Li-Ion, Li-Pol však užívají místo tekutého elektrolytu elektrolyt pevný, čímž se anuluje možnost vytečení akumulátoru a odpadá nutnost pevného pláště, což umožňuje výrobu lehkých a „ohebných“ akumulátorů viz. obr. 26. Katoda je vyrobena z oxidu lithia a kobaltu nebo lithia, niklu a kobaltu, do jehož krystalické mřížky byly vpraveny ionty lithia. Anodu tvoří sloučeniny grafitu. Díky tuhému elektrolytu je sice snížena celková hmotnost akumulátoru. Cenou za to, je však nižší hustota energie, proto je pro dosažení stejné kapacity jako u Li-Ion zapotřebí pouze 90 % hmotnosti, ale o 15 % více objemu akumulátoru [45].



Obrázek 26: uspořádání Li-Pol akumulátoru [47]

Tabulka 3: Vybrané technologie pro uložení energie a jejich vlastnosti [48]

Akumulátory	Výhody	Nevýhody
Pb	cena, hustota energie i výkonu	ekologie, (účinnost)
Ni-Cd	hustota energie i výkonu, účinnost	ekologie
Na-S	účinnost	vysoká provozní teplota
Li-ion	velká hustota energie i výkonu, účinnost	cena, bezpečnost

Tabulka 4: Přehled chemických reakcí a svorkového napětí vybraných typů akumulátorů [49]

akumulátor	celková reakce	svorkové napětí
Pb	$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \leftrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$	2 V
NiCd	$Cd + 2NiO(OH) + 2H_2O \leftrightarrow Cd(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$	1,2 V
NiMH	$MH + NiO(OH) \leftrightarrow M + Ni(OH)_2$	1,2 V
NiZn	$Zn + 2NiO(OH) + H_2O \leftrightarrow ZnO + 2Ni(OH)_2$	1,6 V
NaS	$2Na + nS \leftrightarrow Na_2S_n \quad (4 > n \geq 2)$	2 V
Li-ion	$Li_{\frac{1}{2}}CoO_2 + Li_{\frac{1}{2}}C_6 \leftrightarrow C_6 + LiCoO_2$	3,6 V

Řazení akumulátorů do větších celků

Pro získání větší kapacity, je možné spojovat akumulátory do série, paralelně, eventuelně i sérioparalelně. (akumulátory spojené do série poskytují vyšší napětí, akumulátory spojené paralelně poskytnou větší proud). V solárních ostrovních systémech se akumulátory obvykle řadí paralelně, tedy pro získání většího proudu. Sérioparalelním řazením je možné zvýšit napětí systému, v kombinaci s možností vyššího odběru proudu. Důležité je rozhodnout, zda využívat napětí 12 V nebo 24 V, což se musí ujasnit v souvislosti s výběrem fotovoltaických panelů. Zcela zásadní je použití stejných akumulátorů. To znamená použít stejné nové akumulátory, stejné kapacity, stejného typu, stejného výrobce a stejné výrobní série. Akumulátory s různými vlastnostmi se navzájem ovlivňují (vzájemně se nabíjí a vybíjí apod.) Velkou chybou je použití akumulátorů s různou kapacitou, protože v tomto případě nejde jen o využitelnou kapacitu akumulátorů a jejich životnost, ale v horším případě i o bezpečí majitele akumulátorů. Akumulátor s vyšší kapacitou bude při paralelním zapojení v podstatě trvale dobíjet akumulátor s nižší kapacitou, ten bude trvale přebíjen a může explodovat. [50]

Provozní potíže akumulátorů

Nesprávná péče o akumulátor, nevhodný nabíjecí proces nebo špatné chování uživatele představují hlavní problémy.

Nedostatečné nabíjení

Tento stav je charakteristický pro akumulátory nabíjené pouze alternátorem nebo neregulovanými nabíjecími přístroji. U obou způsobů nabíjení je téměř nemožné dosáhnout stavu nabití na více než 80 %, protože potřebné doby nabíjení jsou příliš dlouhé. Pokud se tyto akumulátory navíc nikdy nenabijí naplno, bude se jejich výkonnost a kapacita výrazně snižovat.

Přebíjení

Pokud je již akumulátor plně nabitý a dodává se do něj další energie, zvyšuje se plynování, což vede také k vyšší spotřebě vody. Akumulátor dále plynuje tak dlouho, dokud se nabíjecí přístroj nevypne nebo dokud je k dispozici voda. S rostoucím zahříváním probíhají chemické procesy v akumulátoru rychleji. Plynovací napětí klesá, a pokud se nabíjecí napětí nepřizpůsobí změně teploty,

bude se akumulátor přebíjet. Tím vzniká nebezpečí koroze mřížky a velmi rychlého stárnutí akumulátoru. Při zvýšení teploty o 10°C se například zdvojnásobí rychlost reakcí a dochází k dvojnásobné korozi mřížky. Při silnějším plynování se značně zvyšuje také riziko výbuchu. Uzavřené akumulátory (tedy gelové akumulátory a akumulátory AGM) se mohou poškodit již jediným přebitím. V těchto druzích akumulátorů se elektrolyt vyskytuje ve vázané formě a nelze jej doplňovat.

Hluboké vybití akumulátoru – sulfatace

Při vybíjení vzniká v akumulátoru síran olovnatý. Pokud se akumulátor rychle nenabije nebo pokud se nenabije úplně, vytváří síran olovnatý krystaly, které rostou, čímž zmenšují povrch porézního olova. Tyto krystaly lze přeměnit zpět jen obtížně nebo vůbec. V závislosti na stavu a provedení akumulátoru může během několika málo dnů dojít k tomu, že akumulátor už nebude schopen přijímat žádný el. proud a bude tudíž nepoužitelný. Ovšem i v případě, že je akumulátor ihned nabit znovu a zdánlivě plně obnoven, zůstává zde zpravidla poškození, které nakonec negativně ovlivňuje životnost.

Skladování při nedostatečném nabití

Skladování akumulátorů ve stavu částečného nabití přispívá k jejich předčasnému stárnutí. Jakmile stav nabití akumulátoru klesne pod 50 %, proces stárnutí a sulfatace akumulátoru se výrazně urychlí. [51]

1.6 Kapacita akumulátorů pro solární ostrovní systém

Obvyklá volba kapacity akumulátorů je taková, aby kapacita akumulátorů (bez další dodávky energie z fotovoltaických panelů) pokryla celkovou vypočítanou spotřebu po dobu 3 - 6 dnů. Pokud jsou solární panely využívány v rámci ostrovního systému pouze v období s nadprůměrnou intenzitou slunečního svitu, a tím s nadprůměrnou výrobou energie z fotovoltaických panelů, nebude nutné trakční baterie resp. jejich kapacitu dimenzovat na déle, než 4 dny. Pokud se však jedná o celoročně využívaný systém, pak je ve slunných obdobích nutné akumulovat co nejvíce elektrické energie a současně počítat s delšími výlukami v dodávkách energie (dimenzovat trakční baterie na 6 dnů provozu při plánované spotřebě, bez dodávky el. energie).

Velikost kapacity trakčních akumulátorů má také velký vliv na nejvyšší možný proud, který mohou akumulátory dodat spotřebičům (pokud je potřeba z akumulátorů např. přes měnič napětí napájet spotřebič s velkými nároky na příkon, může se stát, že nedostatečně dimenzované trakční baterie nebudou schopné poskytnout potřebný výkon pro náročné spotřebiče). Čím menší kapacita akumulátorů se zvolí (v rámci úspor za ostrovní systém), tím je větší pravděpodobnost, že bude docházet k vybíjení akumulátorů na nižší napětí a k čímž nižšímu napětí se při vybíjení budete dostávat, tím kratší bude životnost akumulátorů.

Pokud bude kapacita trakčních akumulátorů zvolena vhodně, nemusí docházet ke snížení životnosti, protože kvalitní cyklické akumulátory mají v současnosti dlouhou dobu životnosti (15 - 20 let) resp. vysoký počet cyklů nabití a vybití. Pokud však bude nevhodně zvolena kapacita akumulátorů (např. z důvodu snahy o úsporu v investici do akumulátoru) nemusí se vyplatit, protože malá kapacita akumulátorů znamená více cyklů nabití a vybití a tím také kratší životnost akumulátorů.

Využitelná kapacita akumulátorů

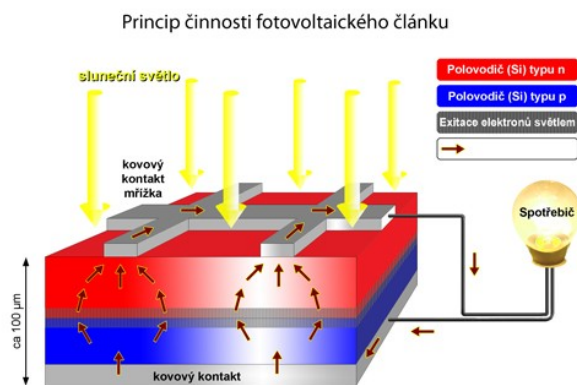
S ohledem na následující výpočty, je nutné zmínit jednu velmi důležitou vlastnost akumulátorů a tou je využitelná kapacita. Trakční akumulátor má určitou jmenovitou kapacitu, která je uvedena na štítku. Tato hodnota ale neznamena, že se může naplno využít. Pokud by se tak stalo a trakční akumulátor se několikrát úplně vybil, mohlo by dojít k jeho degradaci. Využitelná kapacita akumulátoru se pohybuje v rozmezí od maximálního povoleného napětí na akumulátoru do minimálního povoleného napětí. Trakční akumulátor se samozřejmě může vybíjet i na menší hodnotu, ale tím se zkracuje jeho životnost. Pokud nastane situace, kdy bude akumulátor vybitý na minimální hodnotu a je potřeba spotřebiče ještě chvíli napájet, může se vybit i na menší hodnotu, avšak je důležité takto vybitou trakční baterii opět nabít do plného nabití a neponechat ji několik dnů vybitou. Trakční akumulátor by se již nemusel nikdy vzpamatovat. Využitelná kapacita nových trakčních akumulátorů je asi 90 %. S celkovým počtem nabíjecích a vybíjecích cyklů a s ohledem na stárnutí akumulátoru pak využitelná kapacita klesá. [23]

1.7 Dimenzování elektrárny pro OZE

Ostrovní systém je napájen dvěma typy obnovitelných zdrojů tak, aby se tyto zdroje navzájem doplňovaly. Na základě analýzy spotřeby provedené v kapitole 2 a na základě velikosti akumulátorových baterií dimenzovaných v kapitole 3 je možné popsat zdroje, které by byly pro daný ostrovní systém vhodné. Pro optimální návrh zdrojů a jejich instalovaného výkonu, který jsou vzhledem k meteorologickým podmínkám v dané lokalitě schopny dodávat, je potřeba analyzovat informace o intenzitě slunečního záření pro fotovoltaickou elektrárnu a rychlosti a směr větru pro dimenzování větrné elektrárny.

Fotovoltaika a její princip

Fotovoltaický jev je známý již od první poloviny 19. století. Při dopadu fotonů ze slunečního záření na vhodný polovodičový materiál (zpravidla křemík) obsahující P-N přechod dochází k uvolňování a hromadění volných elektronů. Pokud je P-N přechod doplněn o dvě elektrody (anoda a katoda), může se mluvit o fotovoltaickém článku, kterým začne protékat elektrický proud (*viz obr.27*)



Obrázek 27: Princip činnosti FV článku [52]

Největšího rozmachu dosahuje fotovoltaika v posledních deseti letech, kdy se z ní stal jeden z nejprogresivnějších a nejdynamičtější se rozvíjejících oborů. Fotovoltaika je jedním z čistých obnovitelných zdrojů elektrické energie a díky masivní sériové výrobě panelů, pokročilejším postupům a technologiím neustále klesá jak cena fotovoltaických panelů, tak energetická náročnost jejich výroby. [53]

Fotovoltaická elektrárna

Samotná solární elektrárna sestává z určitého množství solárních panelů (podle požadovaného výkonu), kabeláže a dalších jisticích a pomocných prvků. Nezbytnou součástí je také měnič (nebo měniče) proudu, protože solární panely vyrábí elektřinu stejnosměrnou. Tu měnič upraví na běžný střídavý proud s kmitočtem 50 Hz. Protože žádná ze součástí FV elektrárny neobsahuje pohyblivé části, je fotovoltaická elektrárna prakticky bezúdržbová a její životnost se počítá na několik desítek let.

Ke stavbě solární elektrárny se využívají především vhodné střešní plochy domů, výrobních hal nebo odlehlých chat. Instalace na střeše je nejvýhodnější i po stránce bezpečnosti elektrárny, kdy odpadají náklady na její ostrahu. Ideální je sedlová střecha orientovaná na jih s možným odklonem na východ či západ cca 10 – 15 % a sklonem střechy 35 % - 45 %. Nicméně i elektrárna orientovaná na západ či východ se vyplatí (vyrobí jen o 20 % méně energie než elektrárna orientovaná na jih). [54]

Typy fotovoltaických panelů

Základním prvkem každého fotovoltaického panelu (kolektoru) jsou pak solární (nebo také fotovoltaické) články. Jedná se o plochou polovodičovou součástku, na které při dopadu slunečního záření dochází k uvolňování elektronů, což produkuje napětí 0,6 - 0,7 V. V polovodiči tedy vznikají volné elektrické náboje, které jsou již jako elektrická energie odváděny ze solárního článku přes regulátor do akumulátoru, ke spotřebiči nebo do rozvodné sítě.

Nejvíce rozšířeny jsou dnes fotovoltaické solární články na bázi křemíku, neboť křemík je nejen hojně zastoupen v zemské kůře (je druhým nejrozšířenějším prvkem vůbec), ale je i nejlépe

prozkoumaným polovodičem. Fotovoltaický sluneční panel je tedy tvořen množstvím článků, které jsou na sebe napojeny letovanými spoji. Články navíc tvoří z vrchu krycí plocha, ze spodu pak pevná deska. Materiál, ze kterého je vyrobena horní krycí plocha, samozřejmě významně ovlivňuje ztráty, především odrazem. Proto je důležité, aby použitý materiál dosahoval vysoké účinnosti pohlcení slunečního svitu a zároveň poskytoval ochranu před nepříznivými přírodními jevy (krupobití aj.).

Dle typu solárních článků lze fotovoltaické sluneční panely rozdělit:

- monokrystalické panely – skládají se z jediného krystalu
- polykrystalické panely – z mnoha různě orientovaných krystalů
- amorfni kolektory – základem amorfni křemíková vrstva

Panely s monokrystalickými články

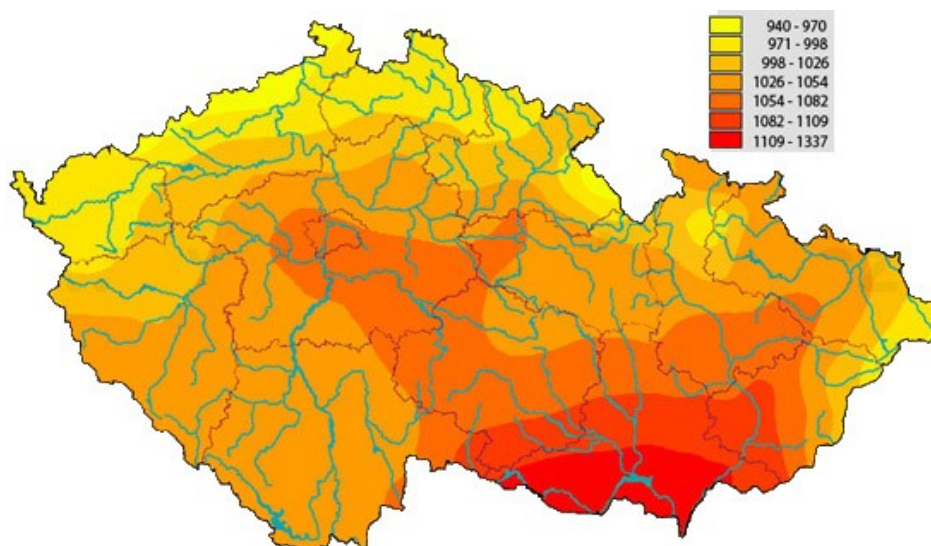
Solární panely s monokrystalickými články jsou nejčastěji v našich podmínkách používány. Krystaly křemíku jsou větší než 10 cm a vyrábí se na bázi chemického procesu – tažením roztaveného křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Ty se poté rozřežou na tenké plátky, tzv. podložky. Účinnost těchto článků se pohybuje v rozmezí 13 - 17 %.

Solární panely s polykrystalickými články

Základem je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemíková podložka, s tím rozdílem, že solární články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost polykrystalických článků se pohybuje od 12 do 14 % (výjimečně až 16 %). Jejich výroba je ale v porovnání s monokrystalickými panely mnohem jednodušší, tedy i levnější a rychlejší.

Solární panely s amorfními články

Základem amorfních slunečních panelů je napařovaná křemíková vrstva, ta je v tenké vrstvě nanášena na sklo nebo fólii. Účinnost těchto článků je poněkud nižší, pohybuje se v rozmezí 7 – 9 %. Pro dosažení daného výkonu je potřeba 2,5krát větší plochy, než kolik by bylo potřeba při použití mono nebo polykrystalických modulů. Celoroční výnos je ovšem o 10 % vyšší. Tyto typy článků patří k dnes na trhu nejlevnějším a výhodné jsou především tam, kde investor není omezený prostorem. [55]



Obrázek 28: Mapa slunečního záření ČR (kWh/m²) [56]

Větrná

Větrná energie je označení pro oblast technologie zabývající se využitím větru jako zdroje energie. Nejobvyklejším využitím jsou větrné elektrárny, které využívají síly větru k roztočení vrtule (větrná turbína). K ní je pak připojen elektrický generátor. Teoreticky získatelný výkon je přímo úměrný třetí mocnině rychlosti proudící vzdušné masy. Protože rychlost větru značně kolísá, nedosahují větrné elektrárny po většinu doby nominálních hodnot generovaného výkonu. Vítr je masa pohybujícího se vzduchu, která v důsledku nerovnoměrného ohřívání atmosféry Sluncem proudí z jednoho místa na druhé. Teplý vzduch je lehčí než studený, a tak vzduch ohříváný slunečním zářením stoupá vzhůru a na jeho místo se tlačí vzduch studený. Tím se tvoří vzdušné proudění a vzniká vítr.

Mezi základní charakteristiky větru patří jeho směr a rychlost, početnost výskytu rychlosti větru, stálost a nárazovitost. Tyto veličiny jsou významné při volbě vhodných lokalit pro větrné elektrárny a rovněž při rozmisťování více větrných elektráren ve skupině, aby se eliminovalo jejich vzájemné ovlivňování. Rychlost větru má rozhodující vliv na celkový i využitelný výkon větru. [57]

Princip větrné elektrárny

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína umístěná na stožáru energii větru na rotační energii mechanickou. Ta je poté přenášena přes převodovku do generátoru, kde se mění na elektrickou energii. Podél rotorových listů vznikají aerodynamické síly, a proto musejí mít listy speciálně tvarovaný profil. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou. Je proto třeba zajistit efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru tak, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny. Obsluha větrné elektrárny je převážně automatická. Životnost nové větrné elektrárny se udává 20 let od uvedení do provozu. [58]

Struktura větrné elektrárny

Gondola

Je „hlava“ větrné elektrárny umístěná na vrcholu stožáru, ve které je uložena celá strojová část větrné elektrárny.

Rotor

Existují čtyři typy rotorů, které se dělí dle osy rotace. V praxi nejpoužívanější je typ vrtule. Vrtule je rychloběžný typ větrného rotoru s horizontální osou rotace. Je tvořena dvěma nebo třemi listy uchycenými na rotoru. Listy jsou vyrobené ze sklolaminátu a jsou zkonstruovány tak, aby jejich optimální tvar umožňoval efektivní přenášení síly větru na rotor s největší dosažitelnou účinností 40 % až 45 %. Průměr listů rotoru se pohybuje od 25 m do 150 m. Vrtule se používají jednolisté, dvoulisté a nejčastěji třílísté.

Převodovka

Slouží k přizpůsobení rychlosti otáček potřebám elektrického generátoru. V současnosti se používají speciální několikastupňové převodovky, na jejichž těleso je obvykle připojena brzda. Z důvodů velké životnosti, nízké hlučnosti a vysoké těsnosti jsou požadavky na kvalitu převodových ústrojí velmi vysoké.

Generátor

Slouží k přeměně mechanické energie větru na elektrickou energii. Obvykle se používají třífázové generátory s frekvencí 50 Hz a s napětím 700 V. Další používané typy generátorů:

- Stejnosměrné generátory, které jsou vhodné pro malé větrné elektrárny pro dobíjení akumulátorů.
- Synchronní generátory (alternátory), které jsou vhodné pro střední a velké větrné elektrárny. Jejich výhodou je velká účinnost a schopnost pracovat s velkým rozsahem rychlostí větru. Používají se jako záložní zdroje elektrické energie v případě přerušení dodávky elektrické energie z rozvodné sítě.
- Asynchronní generátory, které jsou rovněž vhodné pro střední a velké větrné elektrárny, mají oproti synchronním generátorům levnější konstrukci a velmi snadné připojení k síti, kdy nevyžadují složitý připojovací systém. Ten pouze hlídá otáčky a rozhoduje o okamžiku připojení k síti.

Pomocná zařízení

Ovládací a kontrolní systém (řídící elektronika), který lze rozdělit na část technickou, tvořenou řídícím počítačem a ovládacími prvky na řídícím panelu, a část programovou, což je speciálně vyvinutý balík programů, určený ke sledování a ovládání jednotlivých částí větrné elektrárny a režimů jejich činnosti. Na řídícím panelu lze snadno sledovat i údaje ze soustavy čidel umístěných na

jednotlivých částech větrné elektrárny. Ovládací a kontrolní systém kontroluje údaje o chodu celého zařízení a chrání jej před poškozením. Systém natáčení strojovny větrné elektrárny do směru větru slouží k dosažení co největšího výkonu. K zajištění správné orientace rotoru vzhledem ke směru větru se standardně zajišťuje:

- Umístěním rotoru na závětrné straně gondoly
- Ocasní plocha jako kormidlo
- Boční pomocné rotory
- Systém natáčení gondoly pomocí elektromotorů

Konstrukce

Pro dosažení co největší pevnosti a nejmenšího odporu jsou konstruovány tzv. stožáry tubusové, které jsou vyrobené z oceli nebo betonu. Dále jsou nabízeny i tzv. příhradové stožáry, u kterých je ale nutné vybudovat speciální přístrojovou skříňku. U menších elektráren se můžeme setkat jen s trubkou ukotvenou lany. S konstrukcí stožáru úzce souvisí také velikost a tvar základů pro větrnou elektrárnu. Obecně lze říci, že u větších typů se používají speciálně tvarované základy tak, aby byla minimalizována velikost základů při zachování normou předepsané bezpečnosti. Ocelová konstrukce se k základu obvykle připevňuje systémem kotvicích šroubů. [59]

Dělení větrných elektráren podle výkonu

Malé větrné elektrárny (do 60 kW)

Za malé větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem menším než 60 kW a s průměrem vrtulí do 16 m. Nejvýznamnější kategorií jsou elektrárny do 10 kW, které lze dále rozdělit na mikroelektrárny.

Mikroelektrárny

Jsou elektrárny s výkonem zhruba do 2,5 kW a průměrem vrtulí od 0,5 m do 3 m, což jsou zařízení na výrobu stejnosměrného proudu při napětí 12 V nebo 24 V, které jsou výhradně určeny pro dobíjení baterií. Takto nahromaděná energie může sloužit k osvětlení, k napájení komunikačních systémů, rádiových a televizních přijímačů a dalších elektrických spotřebičů. Elektrárny s nominálním výkonem v rozsahu 2,5 kW až 10 kW a průměrem vrtulí od 3 m do 8 m. Jedná se o zařízení mající vstupní napětí 48 V až 220 V a jsou určena pro vytápění domů, pro ohřev vody, případně pro pohon motorů

Střední větrné elektrárny (60 - 750 kW)

Za střední větrné elektrárny se považují turbíny s nominálním výkonem v rozsahu 60 kW až 750 kW a s průměrem vrtulí od 16 m do 45 m.

Velké větrné elektrárny (750 - 6 400 kW)

Velké větrné elektrárny mají turbíny s nominálním výkonem v rozsahu 750 kW až 6400 kW a s průměrem vrtulí od 45 m do 128 m. Elektrárny velkých výkonů (300 kW až 3000 kW) jsou určeny k dodávce energie do veřejné rozvodné sítě. [60]

Vztah pro výpočet výkonu větrné turbíny

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot c_p \cdot S \quad (1)$$

kde,

P ... výkon VTE [W]

ρ ... hustota vzduchu [$kg \cdot m^{-3}$]

V^3 ... rychlost proudění vzduchu [$m \cdot s^{-1}$]

c_p ... účinnost stroje [-]

S ... plocha rotoru [m^2]

Hodnota „S“ je plocha opisovaná rotorem, „ c_p “ součinitel výkonu (tj. účinnost přeměny energie proudění na elektrickou energii). Teoretická maximální hodnota součinitele výkonu „ $c_{p \max}$ “ je 0,593 reálně se však pohybuje v hodnotách do 0,5. Pro konkrétní větrnou elektrárnu bývá definován její jmenovitý (nominální) výkon, který přibližně odpovídá maximální výrobě energie za optimálních podmínek (tedy zpravidla při vysokých rychlostech větru). Výroba elektrické energie udávaná v kWh, MWh či GWh se zpravidla vztahuje k období jednoho roku. Poměr mezi množstvím skutečně vyrobené energie a teoretickou výrobou elektrické energie v hypotetickém případě, kdy by elektrárna vyráběla nepřetržitě na úrovni jmenovitého výkonu, se nazývá kapacitní faktor (někdy také využitelnost). [61]

Malá větrná elektrárna

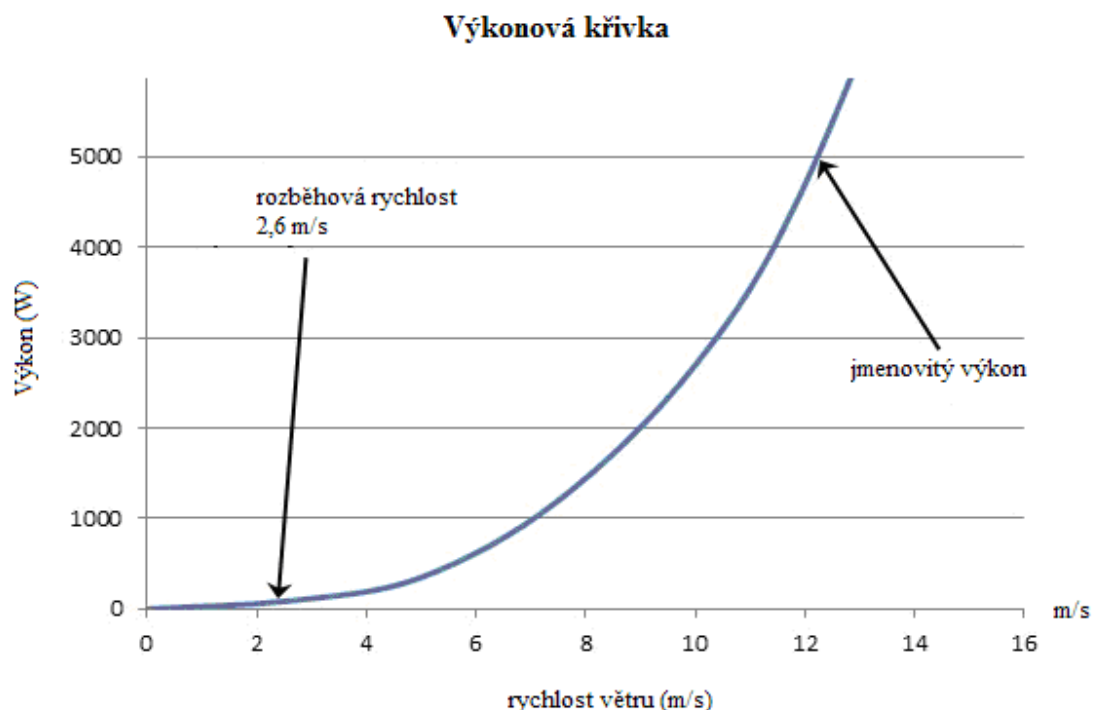
Faktory určující výrobu elektřiny malou větrnou elektrárnou

V praxi závisí výroba elektrické energie větrnou elektrárnou na třech základních faktorech, kterými jsou:

- výkonová křivka větrné elektrárny
- větrné podmínky v úrovni rotoru větrné elektrárny
- spolehlivost provozu větrné elektrárny, velikost energetických ztrát daných technologií větrné elektrárny a vedením a transformací vyrobené elektřiny

Výkonová křivka malých VTE

Výkonová křivka viz. Obr. 29 definuje závislost okamžité výroby elektrické energie větrnou elektrárnou na okamžité rychlosti větru v ose jejího rotoru. Typická elektrárna začíná vyrábět při rychlostech větru kolem 3 – 4 m/s, pak výkon prudce roste až do dosažení jmenovitého výkonu, zpravidla mezi 10 a 15 m/s. Při extrémně vysokých rychlostech větru by větrná elektrárna měla být odstavena, aby nedošlo k jejímu poškození. Výkonová křivka je proto ukončena nejčastěji mezi 20 a 25 m/s, v případě malých VTE i níže.



Obrázek 29: Výkonová křivka MVE SIMETI 5000

Relativní průběh výkonové křivky je u většiny větrných elektráren podobný a v rozmezí středních rychlostí větru (cca mezi 4 a 9 m/s) velmi zhruba sleduje kubickou závislost výkonu elektrárny na rychlosti proudění. Při přiblížení se jmenovitému výkonu již aktuální výkon s rostoucí rychlostí větru roste pomaleji a po dosažení této úrovně již dále neroste, případně klesá. Určitou výjimku mohou tvořit typy větrných elektráren umožňující výrobu energie při nejnižších rychlostech větru, jako jsou Savoniové turbíny či mnoholisté vrtule. Výkon těchto elektráren s rostoucí rychlostí větru roste pomaleji a jejich celková efektivita je nižší než v případě klasické konstrukce či při použití principu Darreiovy turbíny.

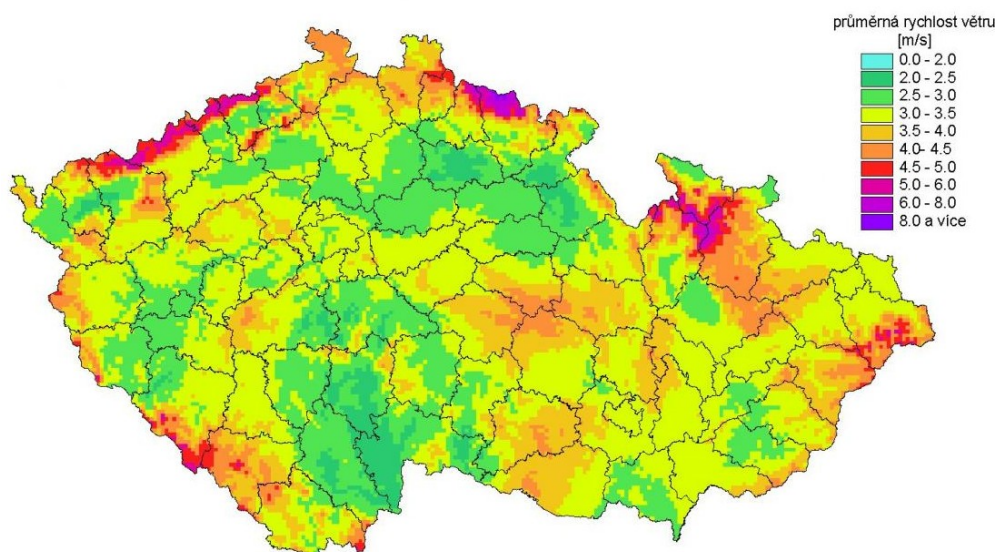
Větrné podmínky v místě malé VTE

Větrné podmínky pro provoz malé větrné elektrárny je potřeba sledovat na dvou různých úrovních, kterými jsou:

- a) všeobecné větrné poměry v lokalitě výstavby malé VTE
- b) lokální ovlivnění větrných podmínek v pozici rotoru větrné elektrárny

Všeobecné větrné poměry

Větrné poměry (větrné klima) jsou statistickým souhrnem větrných podmínek v určitém místě za klimatologicky dostatečně dlouhé období. Zpravidla se vztahují k ose rotoru větrné elektrárny. Jsou dány četnostním rozdělením rychlostí větru v prostoru rotoru.



Obrázek 30: Větrná mapa ČR (Průměrná rychlost větru v 10 m) [62]

Větrné podmínky ve výškách instalace malých VTE jsou obecně mnohem horší než ve výškách velkých větrných elektráren. Tato skutečnost vyplývá ze základních vlastností atmosférického proudění, které je poháněno silami vznikajícími v celém objemu atmosféry, zatímco nejintenzivnější brzdící silou je tření o zemský povrch. V důsledku toho se vytváří typický vertikální profil větru, kdy jeho rychlost s výškou nad zemským v průměru narůstá. Tento nárůst může dosti výrazný, a to zvláště v místech s vysokou drsností povrchu, kde se nejvíce uplatňuje tření o zemský povrch, a tedy snížení rychlosti větru v malých výškách. Zvláště pro malé VTE jsou tedy nepříznivé lokality, okolo kterých se vyskytují překážky proudění nebo v jejichž okolí jsou hodně zastoupeny lesní porosty či urbanizovaná území (plochy sídel).

Lokální ovlivnění větrných podmínek

Všeobecné větrné poměry lokality mohou být ve výšce malých větrných elektráren dramaticky pozměněny vlivem okolních objektů. Tento vliv může být teoreticky i pozitivní v důsledku zesílení proudění při obtékání překážek, ve většině případů se však bude jednat o dopady negativní, a to dvojího druhu. V první řadě stínění nedalekými objekty, jako jsou například stromy nebo budovy,

povede ke snížení rychlosti větru. Pokud se větrná elektrárna nachází pod úrovní okolních překážek a tyto překážky se nacházejí ve směru převládajícího proudění, potom může být toto zeslabení větru skutečně masivní a zcela znehodnotit smysl výstavby malé VTE. Nezanedbatelné zeslabení větru však lze očekávat i v případě, že se malá VTE nachází v úrovni vrcholu okolních překážek nebo mírně nad ním. Druhou okolností je změna vlastností proudění blízkými překážkami. Jedná se například o zvýšení turbulence, výskyt stříhu větru (tj. změny vektoru proudění v rámci rozsahu větrné turbíny) či proudění se šikmou složkou (odkloněnou od horizontální roviny). Ve všech těchto případech dojde nejspíše ke snížení výkonu větrné elektrárny pod úroveň její výkonové křivky a nadto mohou nepříznivé vlastnosti proudění negativně ovlivnit životnost tohoto zařízení.

Obecně je tedy vhodné malou větrnou elektrárnu umístit na pokud možno vyvýšené místo na otevřeném prostranství či vysoko nad okolní překážky a do největší výšky nad zemí, jaká je z praktických a ekonomických důvodů reálná. V některých případech, zvláště u nejmenších typů malých VTE může být výhodné umístění elektrárny na střeše budovy. To platí zvláště v případě výškových budov, kde lze očekávat vyšší rychlosti větru, či na jiném objektu, například na telekomunikačním stožáru. Instalace malé VTE na střeše budovy ale ve většině případů nevede k dobrým výsledkům, přestože výsledky teoretických simulací naznačují, že zejména nad rovnou střechou může být při promyšleném umístění malé VTE tato poloha výhodou, zvláště v případě výškových budov.

Další okolnosti ovlivňující výrobu energie malou VTE

Výrobu elektrické energie větrnou elektrárnou přesně na úrovni vyplývající z rychlostí větru a výkonové křivky VTE označujeme jako teoretickou. Ve srovnání s ní je reálná výroba elektrické energie z řady důvodů nižší. V první řadě může být výroba energie negativně ovlivněna již zmíněnými negativními vlastnostmi proudění jako je vysoká turbulence nebo stříh větru. Dále je nutno počítat s energetickými ztrátami ve výrobním řetězci, například při vedení a transformaci elektřiny. A v neposlední řadě lze očekávat, že dostupnost větrné elektrárny pro výrobu energie nemusí být stoprocentní. Příčinami mohou být například poruchy zařízení, problémy s vyvedením výkonu či z jiných důvodů specifických pro danou instalaci (například tvorba námrazy při instalaci malé VTE v námrazové oblasti). [61]

2. Aplikace ostrovního režimu v praxi

2.1 Popis RD a spotřebičů

Konkrétní spotřeba energie v různých domácnostech se pochopitelně liší. Záleží především na počtu osob, životním stylu a spotřebičích, kterými je byt nebo dům vybaven. Pětičlenná rodina má samozřejmě vyšší nároky než osaměle žijící člověk. Rozdělení spotřeby energie na jednotlivé činnosti však bývá většinou velmi podobné.

Byl zvolen běžný rodinný dům v Ostravě o prostorové dispozici 5+1, obdélníkového půdorysu o rozměrech 20 x 10 m ve kterém žijí 3 osoby. V rodinném domě jsou používány spotřebiče běžné domácnosti a spotřebiče nutné k údržbě domu a zahrady, které jsou uvedeny v tabulce. Energetická ztráta domu je kalkulována na 5 kW. Vytápění domácnosti je zajištěno plynem. [9]

Spotřebiče

Pro větší názornost se elektrické spotřebiče dají rozdělit podle toho, na co elektrickou energii používají. Nejčastěji se dá setkat s následujícími případy:

- Spotřebiče měnící elektřinu na teplo a chlad (pračka, myčka, chladnička, sporák, varná konvice apod.)
- Spotřebiče měnící elektřinu na mechanickou práci (mixer, vrtačka apod.)
- Spotřebiče měnící elektřinu na světlo
- Spotřebiče pro zpracování prezentací a informací (počítače, audio, video a domácí elektronika)

Spotřebiče přeměňující elektřinu na teplo mívají největší příkon (v řádu kW) a jejich podíl na spotřebě domácnosti bývá významný. Velmi rychle roste význam spotřebičů popsaných v bodu 4, jejichž příkony nejsou sice příliš velké, ale v některých domácnostech je jich hodně a jsou zapnuté téměř pořád. Spotřeba elektřiny na osvětlení naopak v poslední době hodně poklesla zavedením úsporných zářivek. Důležité je rozhodnout, jaké spotřebiče bude energetický systém napájet, protože toto rozhodnutí má přímý dopad na velikost následného instalovaného výkonu. Seznam spotřebičů, kterými je dům vybaven a se kterými se při následné analýze počítá je uveden v *tab.5* včetně jejich výkonu. [35]

Tabulka 5: Seznam spotřebičů v domě

Spotřebič	Výkon (W)
Plynový kotel BAXI	120
Pračka Whirlpool	2100
Solární panely	80
Světelný okruh I	400
Světelný okruh II	50
Světelný okruh III	500
Lednice Whirlpool	70
Elektrická trouba Brandt	2900
Mikrovlnná trouba Elektrolux	2600
Vysávač DeLonghi	1200
Indukční varná deska Elektrolux	2100
Myčka Whirlpool	2100
Domácí pekárna	1300
Parní hrnec Moulinex	2000
Ruční mixér Braun	300
LCD televize Samsung	90
Notebook Dell	60
Žehlička Tefal	700
Garážová vrata Novoferm	80
Elektrická brána Nice	120
Ostatní spotřebiče, zahrada, údržba	2000
Celkem	20 870

2.2 Měření rozložení spotřeby

Potřebná data pro kalkulaci navrhovaného výkonu systému byla získána podrobným monitorováním stávajícího provozu spotřebičů po dobu několika týdnů, tak aby byly minimalizovány eventuální anomálie v běžném provozu rodinného domu. K měření byly využity monitory distribučních sítí MDS-U.



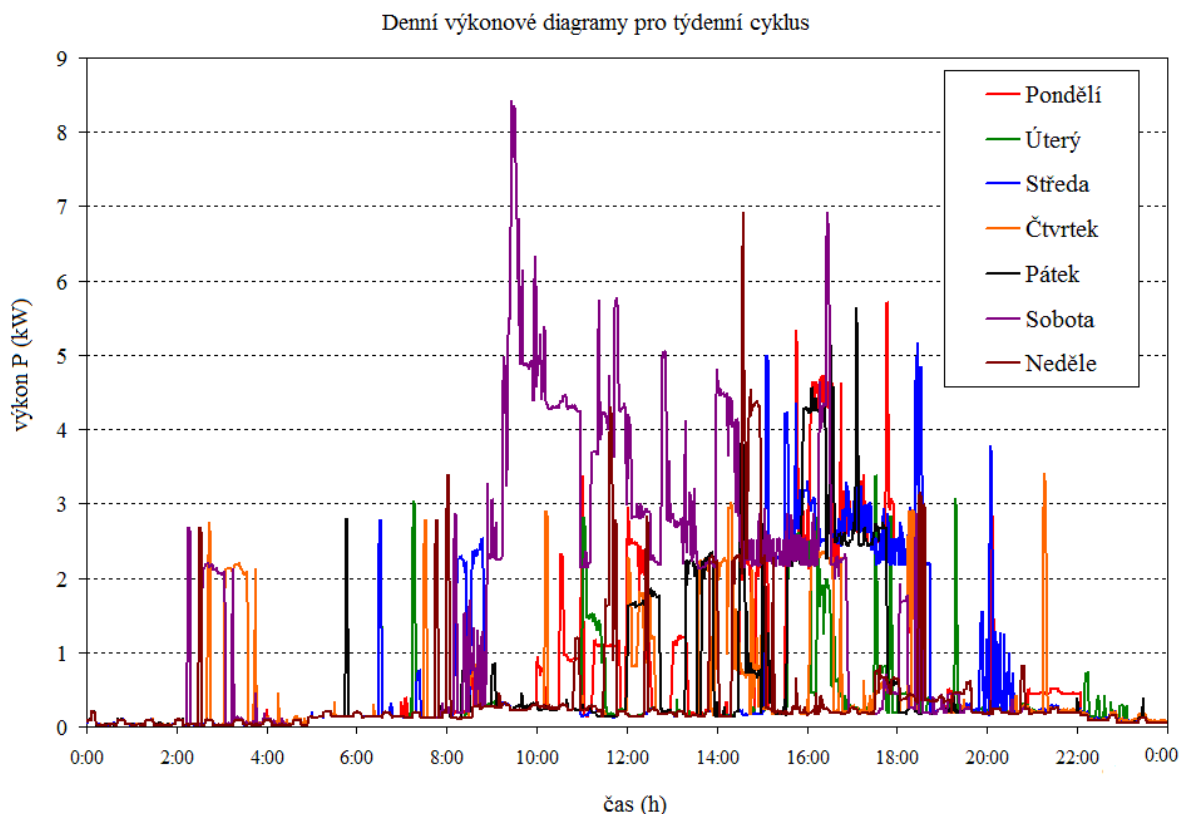
Obrázek 31: Měřič spotřeby MDS-U [36]

Monitor MDS-U je automaticky pracující provozní měřicí přístroj určený pro nepřetržité měření veličin a sledování vysílání HDO. Uživatelskými programovými prostředky lze na PC v prostředí Windows zobrazit jak časové průběhy změřených i vypočítaných veličin, tak i jejich statistiky. Záznam byl prováděn v minutovém časovém intervalu, což je znázorněno v *tab. 6*

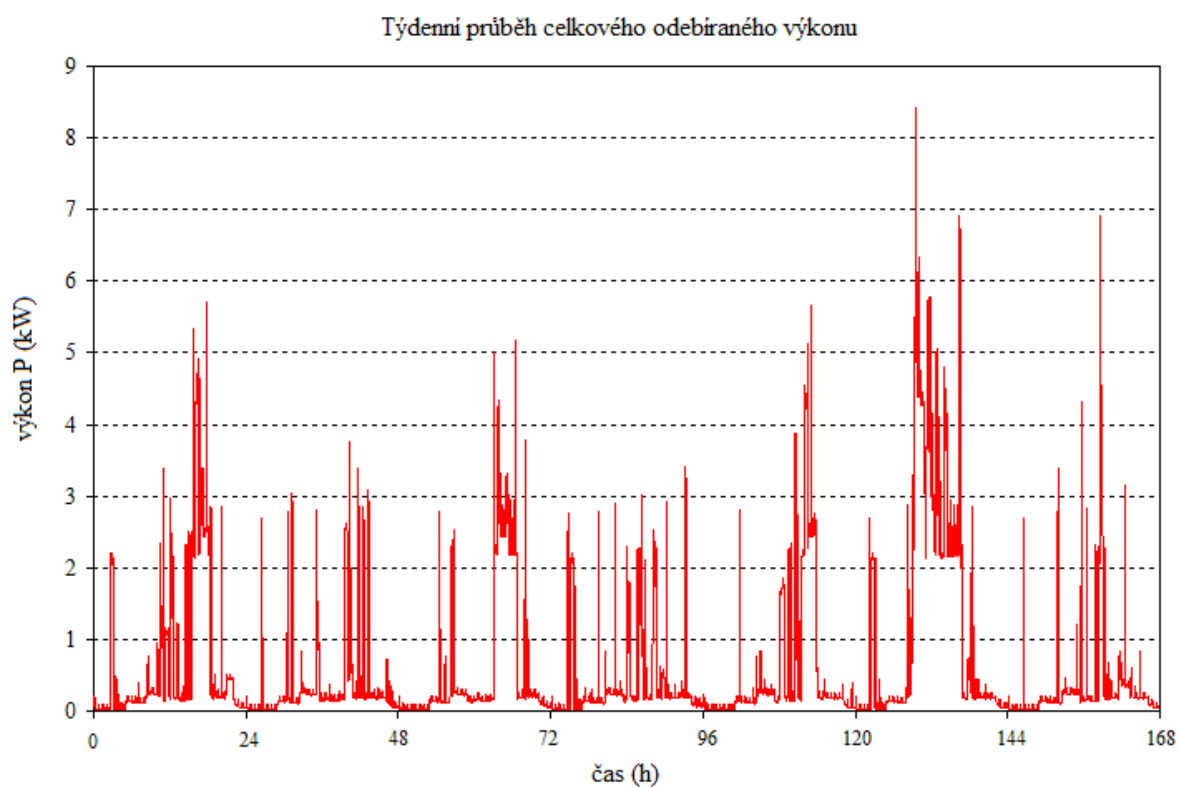
Tabulka 6 : Ukázka záznamu spotřeby energie v minutovém intervalu

den	minuta	Kotel	Pračka	Solary	Světlo1	Světlo2	Světlo3	Lednička	Trouba	Mikrovlnka	Vysavač	Varná deska
Pondělí	8:29:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pondělí	8:30:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
Pondělí	8:31:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
Pondělí	8:32:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
Pondělí	8:33:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
Pondělí	8:34:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
Pondělí	8:35:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,48
Pondělí	8:36:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Pondělí	8:37:00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00

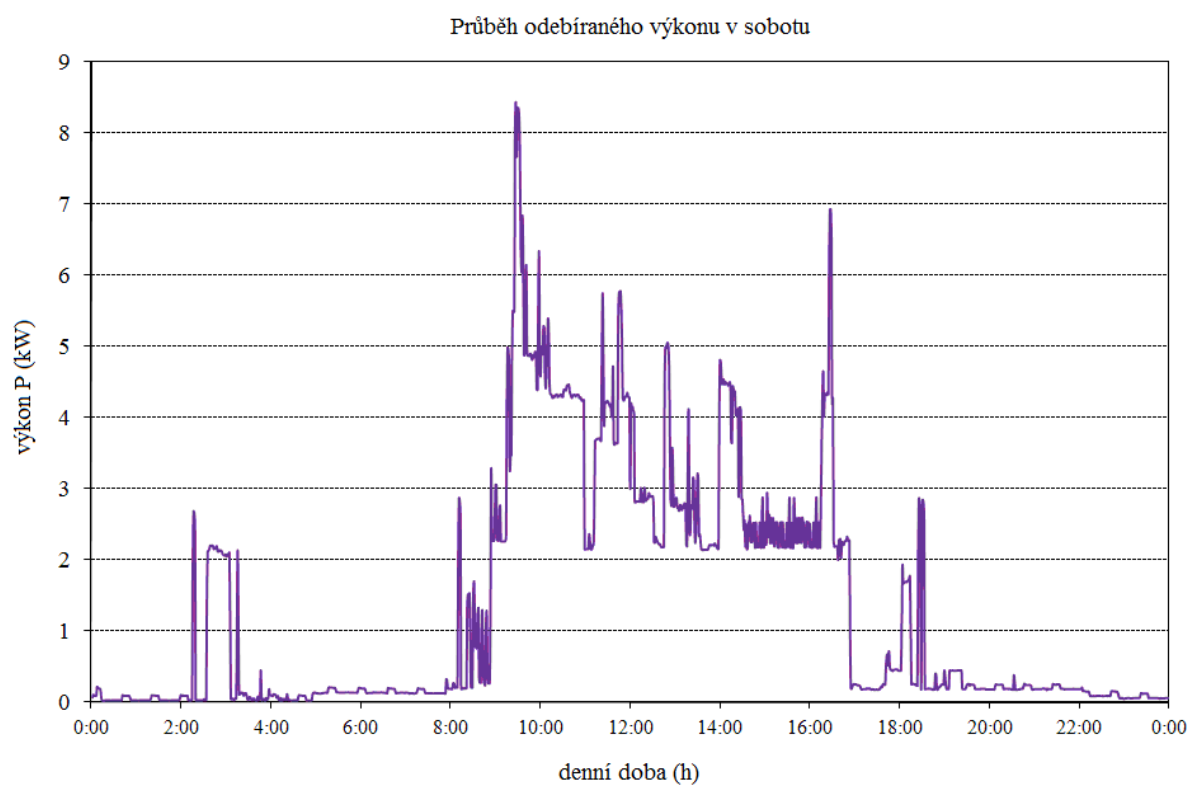
Na základě měření a sledování provozu jednotlivých spotřebičů a běžných denních zvyklostí členů domácnosti byl stanoven digram zatížení pro jednotlivé dny v týdnu, kdy bylo přihlédnuto i ke spotřebě elektrické energie pro opravy a běžné údržby domu. Výsledný denní diagram zatížení je zobrazen v *obr. 32*. Týdenní průběh celkového odebíraného výkonu je zobrazen v *obr.33*. Výsledná data jsou tedy závislá na spotřebě elektřiny a na návycích členů domácnosti.



Obrázek 32: Denní diagramy zatížení pro týdenní cyklus



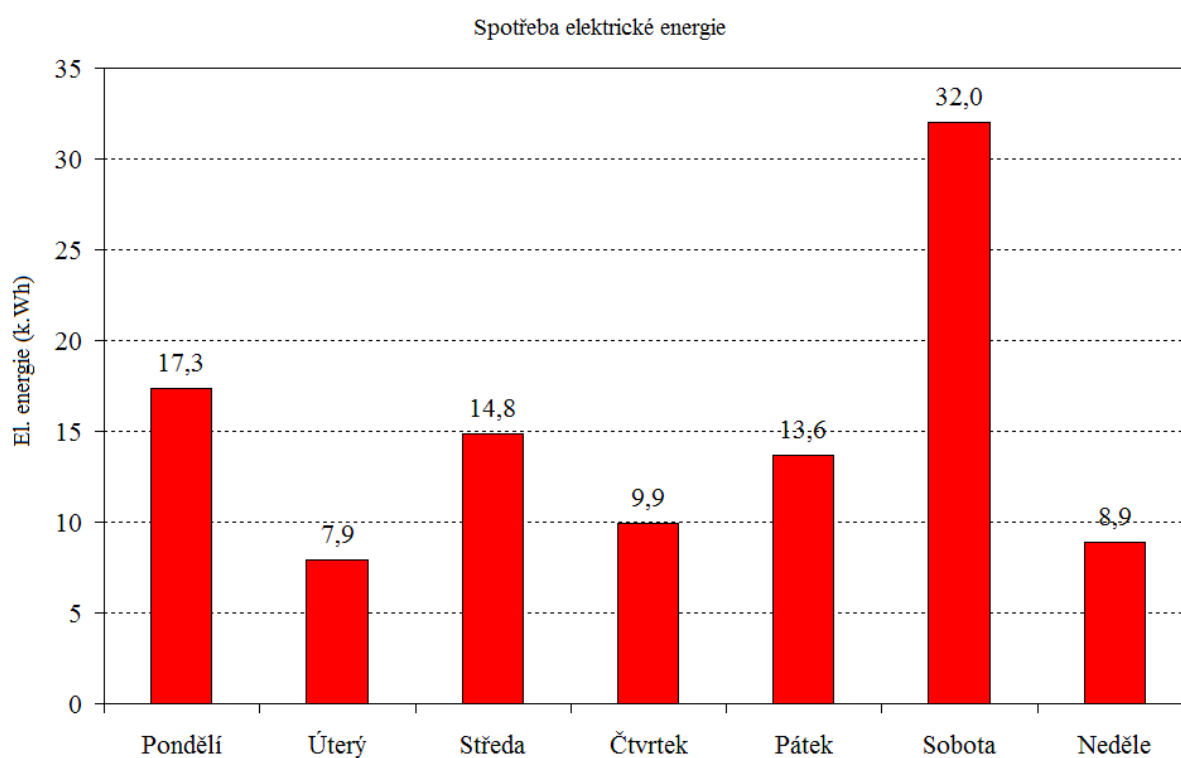
Obrázek 33: Týdenní průběh celkového odebíraného výkonu



Obrázek 34: Průběh odebíraného výkonu v sobotu

Tabulka 7: Spotřeba elektrické energie během jednotlivých dní v týdnu

Den	Spotřeba elektrické energie (kWh)
Pondělí	17,33
Úterý	7,89
Středa	14,83
Čtvrtek	9,94
Pátek	13,65
Sobota	32,04
Neděle	8,87
Celkový součet	104,55



Obrázek 35: Spotřeba elektrické energie během týdne

2.3 Definice energetických potřeb

Z obr. 34 je patrné, že nejvyšší spotřeba elektrické energie je v sobotu, kdy se předpokládá činnost spojená s údržbou domu a zahrady, stejně jako příprava stravy. Z obr. 33 a obr. 34 je dále patrné, že špičkových hodnot odebíraného výkonu je dosaženo v dopoledních hodinách, kdy se velikost

výkonu dostane přes 8 kW. Obr. 35 zobrazuje hodnoty spotřebované elektrické energie pro jednotlivé dny týdenního cyklu. Z výše zmíněných skutečností lze potom definovat podmínky pro návrh akumulčního zařízení, tak aby byla plně kryta spotřeba elektrické energie pro potřeby běžného neomezeného provozu sledovaného rodinného domu.

Mezi základní podmínky náleží:

- Týdenní spotřeba elektrické energie přes 100 kWh
- Maximální denní spotřeba elektrické energie přes 30 kWh
- Maximální okamžitý odebíraný výkon nad 8 kW

Výše definované požadavky na parametry baterie vychází z dlouhodobého měření a jsou v přímé souvislosti s běžným provozem a zvyklostmi členů domácnosti. [9]

2.4 Výpočet velikosti a výběr baterie

Výpočet velikosti baterie

Na základě výsledků analýzy spotřeby sledovaného domu je možné navrhnout systém akumulátorových baterií a provést výpočet potřebné kapacity tak, aby byl zajištěn dostatečný objem akumulované elektrické energie. V současné době lze využít několik metod pro stanovení kapacity akumulčního zařízení. Pro návrh kapacity baterií byl zvolen postup, který je prezentován vztahem

$$C_B = \frac{(E_Z \cdot n)}{(V_B \cdot DOD_{MAX} \cdot T_{CF} \cdot \eta_B)} \quad (2)$$

kde,

C_B kapacita baterií
 E_Z energie spotřebovaná zátěží
 n počet dní bez dobíjení
 V_B napětí baterie
 DOD_{MAX} hloubka vybití baterie
 T_{CF} teplotní korekční faktor
 η_B účinnost baterií

a) Pro časový interval 1 dne

Pro navrhovaný systém je potřeba volit správné hodnoty veličin uvedených ve vztahu. Energie spotřebovaná v maximálním denním provozu dosahovala hodnoty 32,04 kWh (v sobotu), pro výpočet se proto použije tato hodnota. Napětí baterií bylo zvoleno na hladině 48 V a maximální hloubka vybití baterií bez vlivu na životnost je udávána 0,9. Teplotní korekční faktor pro umístění baterií v sklepních prostorách bez výrazných teplotních změn je stanoven na 1,0. Poslední veličinou vztahu je účinnost

baterií, která se však pro různé typy baterií pohybuje od cca 50 % do hodnot nad 90 %. Pro tento výpočet byla zvolena průměrná hodnota účinnosti baterií 80 %. Po následném dosazení konkrétní spotřeby elektrické energie, napětí systému baterií, korekčních faktorů a účinnosti do vztahu se dostane vztah

$$C_B = \frac{32040 \cdot 1}{(48 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8)} = 927,0833 A \cdot h$$

b) Při nepříznivých podmínkách

Při dimenzování velikosti baterie se musí vyřešit problém, jak dlouhou dobu v případě výpadku zdrojů pro dobíjení akumulátorových baterií musí být baterie schopny napájet připojenou zátěž. Výpadkem zdroje jsou myšleny nepříznivé meteorologické podmínky, tzn. nízká intenzita slunečního záření či nedostatečná rychlost větru. Může nastat situace, kdy meteorologické podmínky budou několik po sobě následujících dní nevhodné a systém vyčerpá zásoby elektrické energie akumulované v bateriích. Pak následuje výpadek systému a možnost napájet připojenou zátěž není možné do doby, než se meteorologické podmínky zlepší natolik, že zdroje opět začnou dobíjet akumulátorové baterie. Proto je nutné správně dimenzovat baterie pomocí meteorologických dat, která pro danou lokalitu udávají pravděpodobný počet dnů s nepříznivými meteorologickými podmínkami pro správný chod instalovaných zdrojů. Tento počet dnů pro danou lokalitu je uveden v *tabulce 8*. [9]

Tabulka 8: Ekvivalentní počet dní z nepříznivými meteorologickými podmínkami [54]

měsíc	1 den	3 dny	7 dní	14 dní	21 dní	měsíc
Leden	0,85	2,37	5,02	6,36	6,37	6,37
Únor	0,79	2,22	4,78	5,07	5,76	5,78
Březen	0,83	2	3,97	5,56	7,2	7,12
Duben	0,76	2,1	3,42	5,04	6,72	4,42
Květen	0,83	2,17	3,5	4,97	6,03	6,31
Červen	0,84	2,12	3,5	5,2	5,33	6,22
Červenec	0,85	2,33	4,47	5,63	6,23	5,81
Srpen	0,84	2,26	3,9	4,73	5,93	4,16
Září	0,91	2,07	4,34	8,3	10,2	12,2
Říjen	0,86	2,31	4,22	6,64	9,02	9,93
Listopad	0,92	2,01	3,56	6,4	7,03	6,11
Prosinec	0,94	1,82	3,28	5,27	5,63	5,9

Údaje uvedené v *tab. 8* představují počet po sobě jdoucích dní v jednotlivých měsících, během kterých musí být schopno akumulační zařízení pokrýt spotřebu elektrické energie připojené zátěže během období, uvedeném v prvním řádku tabulky. Například pro měsíc duben pro období 21 dní musí baterie být schopny dodávat elektrickou energii po dobu 6,72 po sobě následujících dní. Pro období 6,72 po sobě následujících dní je pravděpodobné, že meteorologické podmínky neumožní chod instalovaných zdrojů tak, aby byly schopny dobíjet akumulační baterie a ty následně napájet připojenou zátěž.

Pro dimenzování baterií na trvalý provoz ostrovního systému je potřeba brát v úvahu hodnoty pro měsíc provozu. Nejhorší situace v provozu zdrojů nastává v průběhu roku v měsíci září, kdy je potřeba akumulací systém dimenzovat na 12,2 dnů výpadku zdrojů. [65]

Po dosazení získáme:

$$C_B = \frac{(32040 \cdot 12,2)}{(48 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8)} = 11310,41 Ah$$

Tabulka 9: Potřebná kapacita baterií pro počty dní při výpadku zdrojů

Počet dnů	Kapacita baterií (Ah)
1	927,08
2	1854,16
3	2781,25
4	3708,33
5	4635,41
6	5562,5
7	6489,58
8	7416,66
9	8343,75
10	9270,83
11	10197,91
12	11310,41

c) Snížení hodnot

Z tab. 9 vyplývá, že požadované hodnoty na velikost kapacity baterií jsou příliš vysoké. Cena akumulátorových baterií o kapacitě 11,31 kAh neumožňuje návratnost investice systému při respektování životnosti baterií (cca 20 let). Je nutné uvažovat o snížení nároků na objem elektrické energie dodávané ostrovní aplikací a stejně tak zvážit možnost snížení počtu dní, kdy musí být systém schopen napájet spotřebiče bez možnosti dobíjení, které je způsobeno nepříznivými meteorologickými podmínkami.

V předchozích dvou případech viz. bod a) b), se za E_z (energie spotřebovaná zátěží) dosazovali největší hodnotu (tj. sobotní hodnota 32,04 kWh). Návratnost investice by překračovala délku života baterií, a proto snížíme hodnotu energie spotřebovanou zátěží (E_z) ze sobotní, která se výrazně liší od hodnot spotřeby elektrické energie ostatních dnů v týdnu. Byla tedy zvolena průměrná hodnota spotřeby elektrické energie tzn. 14,93 kWh.

Další hodnota veličiny, která byla oproti předešlým případům upravena, je počet dní bez dobíjení (n). Tato hodnota byla taktéž příliš vysoká s tím, že spotřeba elektrické energie bude v případě výpadku napájení z OZE zajištěna jiným zdrojem energie (elektrocentrála). Počet dní, kdy musí baterie zajistit spotřebu elektrické energie, byl snížen ze 12 na 2 dny. Doba, po kterou budou muset baterie zajistit napájení, při denní spotřebě 14,93 kWh se tedy omezí na 2 dny.

Po dosazení se dostane vztah:

$$C_B = \frac{(14930 \cdot 2)}{(48 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8)} = 864 Ah$$

Výběr baterie

Byla zvolena trakční baterie Traction Bull 3PzS, 240 Ah , 48V, sestava 24 článků



Obrázek 36: Trakční baterie Traction Bull [66]

Charakteristika:

Baterie Traction Bull PzS od společnosti Banner je olověná baterie s tekutým kyselinovým elektrolytem. Tato baterie nachází své uplatnění všude tam, kde je vyžadována dlouhá životnost, vysoká spolehlivost, výkon a odolnost vůči cyklickému namáhání. Baterie PzS jsou obecně uznávány jako nejvhodnější a nejlépe osvědčená řešení akumulace energie pro zařízení s vysokou energetickou spotřebou a požadavky na odolnost vůči cyklickému namáhání.

Vlastnosti:

- robustní konstrukce olověné baterie s tekutým kyselinovým elektrolytem
- osvědčená technologie trubkových desek zajišťuje vysoký výkon a spolehlivost
- špičková kvalita konstrukce, materiálů a zpracování (EN 60254-2, IEC 254-2)
- vysoká odolnost vůči cyklickému namáhání

Konstrukce

- kladná trubková deska
- vysoká kapacita zajišťuje dlouhou provozní dobu a životnost baterie
- vysoký výkon energie
- zcela zaizolované póly a spojky článků
- vysoce těsnící pólová průchodka
- izolované a bezúdržbové šrouby pólů [66]

2.5 Návrh fotovoltaické a větrné elektrárny

Konkrétní příklad pro FVE

Lokalita

Lokalita udává geografickou oblast, ve které se nachází rodinný dům, na kterém budou fotovoltaické panely umístěny. Množství energie, kterou je fotovoltaická elektrárna schopna vyrobit je závislá právě na této oblasti. Důležitým předpokladem pro ekonomickou studii fotovoltaické elektrárny je roční výroba elektrické energie v daném místě. Orientační hodnoty lze vyčíst z mapy slunečního záření. Pro přesnější odhad je možné využít systém PVGIS, kde pomocí údaje GPS lze s přesností odhadnout roční výrobu elektrické energie.

Sklon a orientace fotovoltaických panelů

Výkon fotovoltaické elektrárny ovlivňuje také sklon a orientace fotovoltaických panelů


- Sklon solárních panelů udává úhel mezi solárním panelem a vodorovnou základnou. Pro naše podmínky je vhodný sklon 36°. Odchýlení od ideálního sklonu znamená snížení výkonu fotovoltaické elektrárny
- Orientací solárních panelů je myšleno odchýlení od ideálního směru na jih. Pro podmínky v ČR podmínky je ideální orientace 1° na jihozápad. V praxi je opět možné se od ideální orientace vůči jihu odchýlit, ale zase za cenu snížení výkonu fotovoltaické elektrárny

Množství vyrobené energie budoucí fotovoltaickou elektrárnou

Množství vyrobené energie bude zjištěno pomocí zmiňovaného systému PVGIS, který umožní přesný a ověřený odhad na základě vložených parametrů (GPS souřadnice, sklon panelů, orientace panelů atd.). Jedná se o systém Evropské unie, který zaznamenává meteorologická data z celé Evropy už od roku 1995. Evropa byla pro tento systém rozdělena na plochy o velikosti 1 x 1 km, ve kterých byly pravidelně odečítány hodnoty intenzity slunečního záření, teploty, apod. [67]

e.g. "Ispra, Italy" or "45.256N, 16.9589E"

Ostrava, 49°49'50.43"N, 18°9'46. Search



PV Estimation
Monthly radiation
Daily radiation

Performance of Grid-connected PV

NOTE: new version of PVGIS available [here](#).
Read about it.

PV technology: Crystalline silicon

Installed peak PV power 5.06 kWp

Estimated system losses [0;100] 8 %

Fixed mounting options:

Mounting position: Building integrated

Slope [0;90] 35° ☐ Optimize slope

Azimuth 30° ☐ Also optimize azimuth

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90] 0° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90] 0° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Output options

☒ Show graphs ☒ Show horizon

Obrázek 37: Systém PVGIS [68]

Postup zadávání hodnot do systému PVGIS:

- a) Do řádku *Search* se zadají GPS souřadnice místa, kde bude FV elektrárna instalována. Objekt na naší příkladové adrese má vhodnou plochu pro instalaci odkloněnou 30° na jihozápad.
- b) Jako *PV technology* se vybere *Crystalline silicon* (krystalický křemík).
- c) Do řádku *Installed peak PV power* se zadá špičkový instalovaný FV výkon podle výkonu FVE, který se bude instalovat, v tomto případě 5,06 kW_p.
- d) *Estimated system losses* jsou odhadované ztráty systému. Každý elektrický systém má určité ztráty (na vedení, při převodu na střídavý proud v měniči, atd.). U současných vyspělých FVE se počítá cca 8 %.
- e) FVE bude instalována na šikmé střeše, vybere se tedy montážní plocha (Mounting position) *Build integrated*.
- f) Náklon modulů (*Slope*): Zadá se úhel panelů vůči vodorovné ploše. Sklon střechy se zjistí odhadem nebo z projektové dokumentace k budově. Střecha RD má sklon 35°.
- g) Orientace modulů (*Azimuth*), zde budeme zadávat orientaci panelů vůči jihu. RD má orientaci 30°.
- h) V dolní části formuláře pak zbývá zvolit výstupní volby (Output options) a potvrdit tlačítkem *Calculate*. [69]

Tabulka 10: Výstupní data ze systému PVGIS [70]

sklon=35°, orientace=15°				
měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
leden	7,61	236,00	1,25	38,70
únor	12,10	338,00	2,05	57,50
březen	16,70	518,00	2,93	90,90
duben	21,10	634,00	3,89	117,00
květen	25,10	777,00	4,77	148,00
červen	24,30	728,00	4,66	140,00
červenec	25,80	800,00	5,01	155,00
srpen	23,30	722,00	4,50	139,00
září	17,90	538,00	3,32	99,60
říjen	15,40	478,00	2,75	85,40
listopad	7,71	231,00	1,31	39,20
prosinec	5,56	173,00	0,92	28,60
roční průměr	16,90	514,00	3,12	94,90
celkem za rok		6170		1140

Kde,

E_d : Průměrná denní výroba elektřiny z daného systému (kWh)

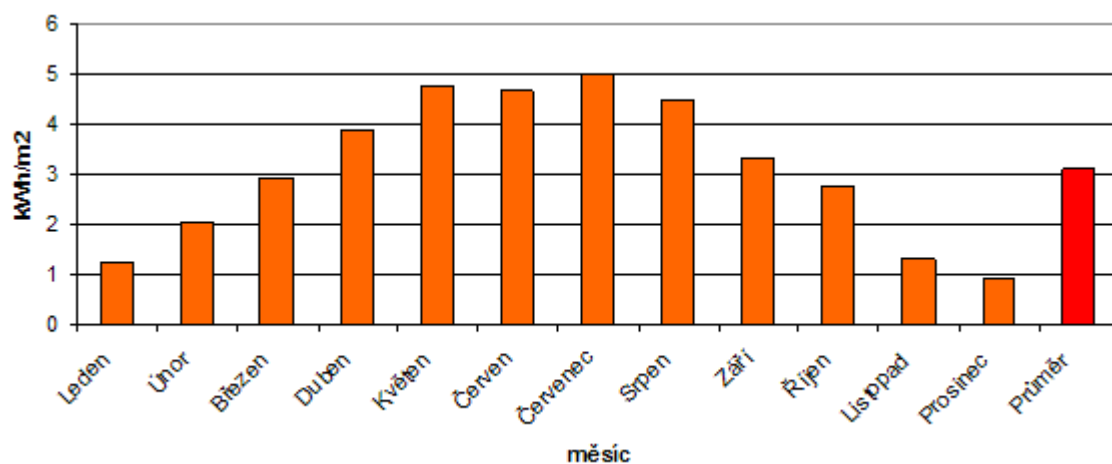
E_m : Průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)

H_d : Průměrná denní velikost slunečního záření na metr čtvereční modulů daného systému (kWh/m²)

H_m : Průměrná měsíční velikost slunečního záření na metr čtvereční modulů daného systému (kWh/m²)

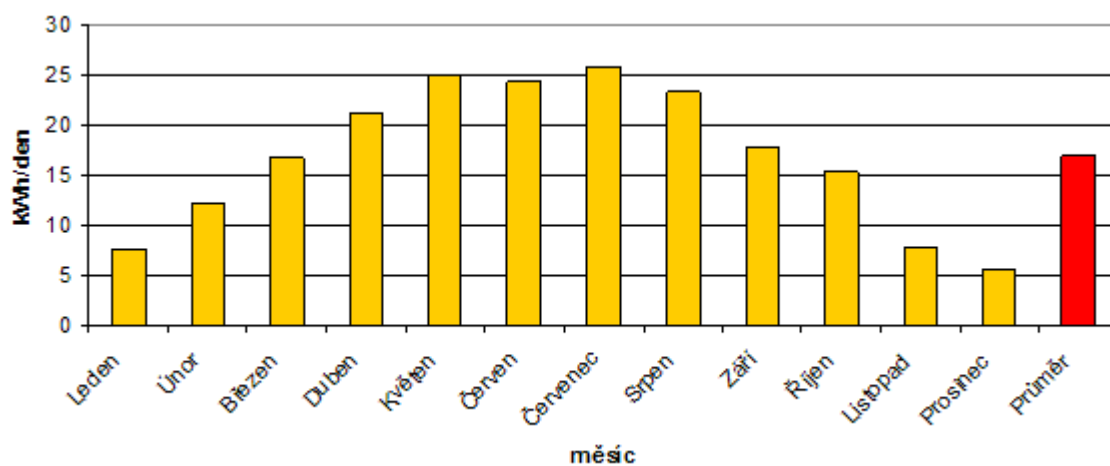
Tabulka 11: Průměrné měsíční hodnoty slunečního záření na m² modulů v dané lokalitě

měsíc	(kWh/m ²)
Leden	1,25
Únor	2,05
Březen	2,93
Duben	3,89
Květen	4,77
Červen	4,66
Červenec	5,01
Srpen	4,50
Září	3,32
Říjen	2,75
Listopad	1,31
Prosinec	0,92
Průměr	3,11

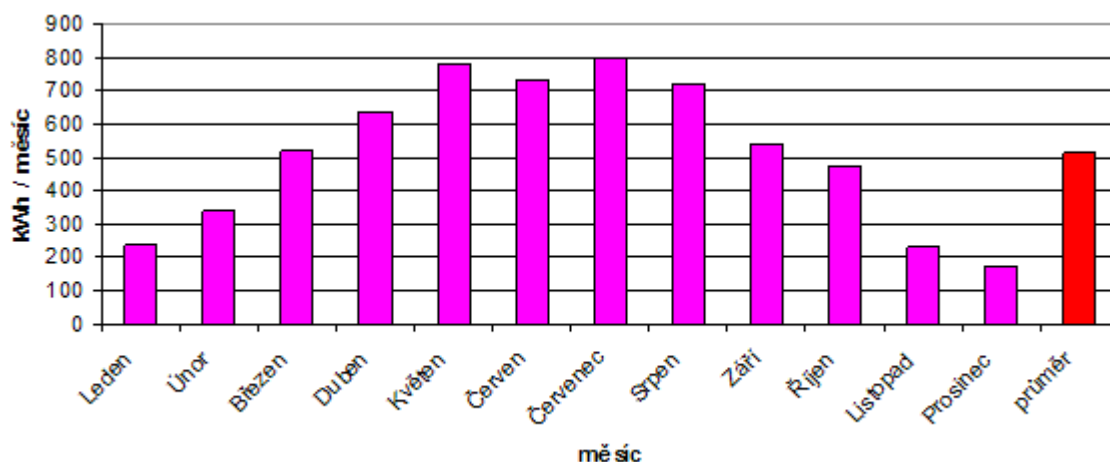


Obrázek 38: Průměrné měsíční hodnoty slunečního záření v dané lokalitě

Na *obr. 38* jsou uvedeny průměrné měsíční hodnoty dopadajícího slunečního záření v kWh/m², které byly zjištěny pomocí systému PVGIS. Jak je z grafu zřejmé, tak mezi nadprůměrné měsíce patří květen, červen, červenec a srpen. V ostatních měsících jsou hodnoty slunečního záření menší. *Obr. 39* pak zobrazuje možnou denní výrobu elektrické energie ze zvolené FV elektrárny.



Obrázek 39: Průměrná denní výroba energie daného FV systému



Obrázek 40: Průměrná měsíční výroba energie daného FV systému

V obr. 40 je znázorněna průměrná měsíční velikost možné vyrobené elektrické energie v jednotlivých měsících roku.

Zvolený solární panel

Trinasolar TSM-PC05 230W_p / 24 V Poly

rozměry: 1650 x 992 x 46 mm

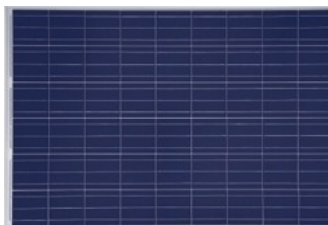
hmotnost: 19,5 kg

hliníkový rám

Potřebný počet kusů: 30

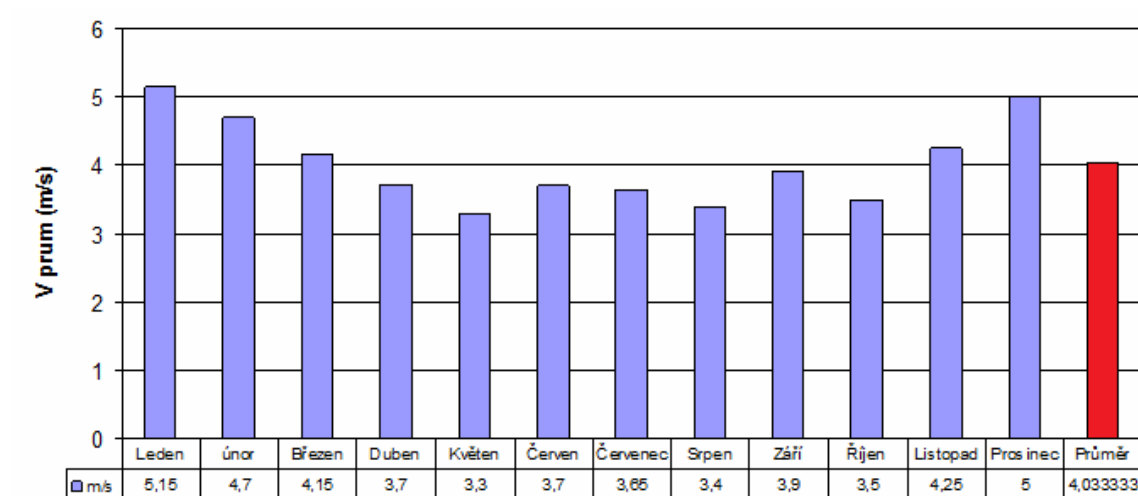
Instalovaný výkon: 6,9 kW

Solární panel TrinaSolar 230 je kvalitní solární panel z polykrystalického křemíku vhodný pro ostrovní systémy s napětím 24 V (skládá se z 60 článků). Panel je zapouzdřen v pevném hliníkovém rámu, pomocí kterého lze provést bezpečnou instalaci. [71]



Obrázek 41: Solární panel TrinaSolar [71]

Konkrétní příklad pro VE



Obrázek 42: Průměrná měsíční rychlost větru v dané lokalitě

Pro danou lokalitu byl zvolen typ větrné elektrárny WHISPER 500, viz. obr. 42. Bližší specifikace jsou uvedeny v tab. 12. [72]

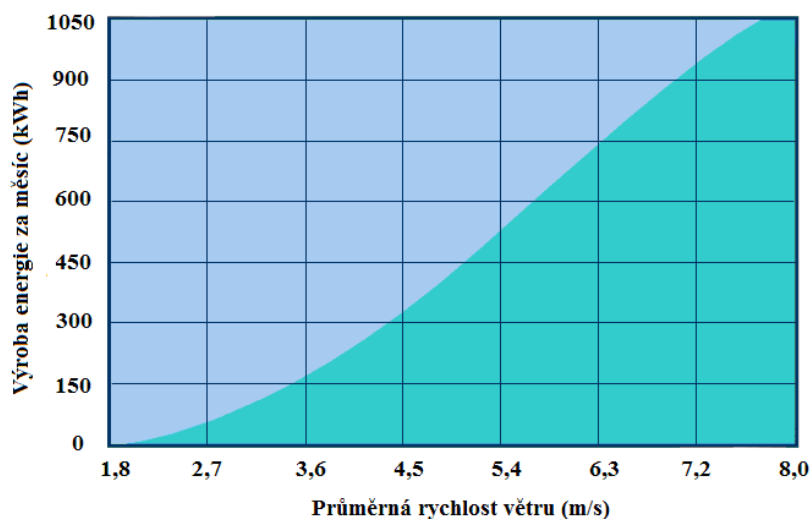


Obrázek 43: VTE Whisper 500 [72]

Tabulka 12: Technická Specifikace VE Whisper 500 [72]

Rozměry	Tělo turbíny:	914 x 635 x 812 mm
		hmotnost 133,8 kg
	lopatky:	2235 x 305 x 152 mm
		hmotnost 17,2 kg
	regulátor:	559 x 381 x 254 mm
		hmotnost 35 kg
Montáž	pozinkovaná trubka 12,7 cm	
Min. rychlost větru	3,4 m/s	
Napětí	24,36,48 V DC	
Jmenovitý výkon	3000 W při 10,5 m/s	
Špičkový výkon	3200 W při 12 m/s	
Regulátor	Whisper regulátor	
Tělo turbíny	Svařená ocel, ochr. práškováním	
Lopatky	(2) uhlíkové zesil. skl. vlákno	
Ochrana pro sil. větry	Boční odklon lopatek	
Vyrobená energie	538 kWh/měsíc při 5,4 m/s	
Max. rychlost větru	55 m/s	
Záruka	5 letá limitovaná záruka	

Křivka výroby energie

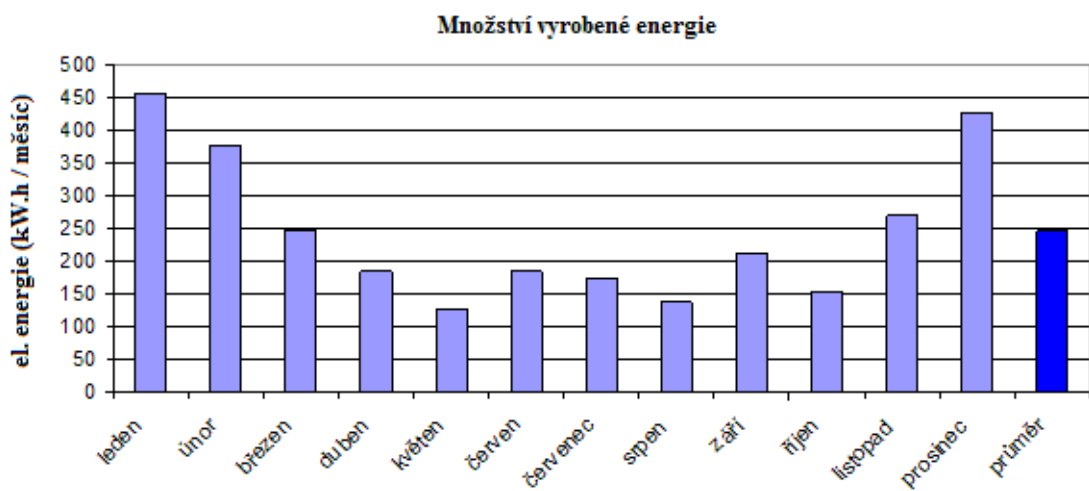


Obrázek 44: Křivka výroby energie [72]

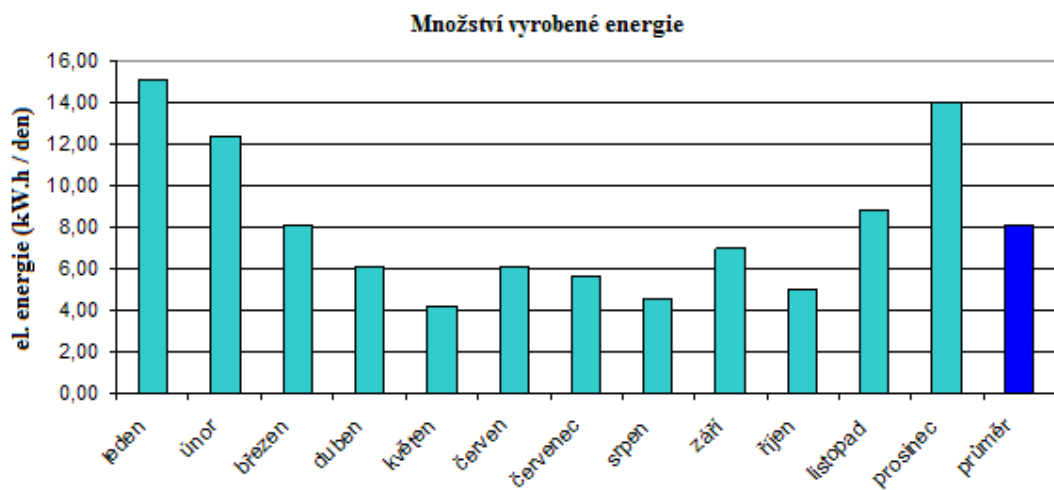
Z výkonové křivky viz. obr. 44, která byla získána z materiálů pro daný typ větrné elektrárny, byla pomocí zjištěných hodnot průměrné rychlosti větru viz. obr. 42 odečtena předpokládaná velikost vyrobené energie za jeden měsíc. Z měsíčních hodnot pak byly vypočítány předpokládané denní hodnoty vyrobené elektrické energie v jednotlivých měsících.

Tabulka 13: Hodnoty odečtené z křivky zvolené VTE

měsíc	m / s	kW.h / den	kW.h / měsíc
leden	5,15	15,02	456,96
únor	4,70	12,37	376,32
březen	4,15	8,08	245,76
duben	3,70	6,06	184,32
květen	3,30	4,17	126,72
červen	3,70	6,06	184,32
červenec	3,65	5,68	172,80
srpen	3,40	4,54	138,24
září	3,90	6,94	211,20
říjen	3,50	5,05	153,60
listopad	4,25	8,84	268,80
prosinec	50,00	14,01	426,24
průměr	4,03	8,07	245,44



Obrázek 45: Množství elektrické energie vyrobené VTE v jednotlivých měsících



Obrázek 46: Množství elektrické energie vyrobené VTE za den

Hodnoty z *tab. 13* byly vyneseny do *obr. 45 a obr. 46*, které zobrazují průměrné hodnoty vyrobené elektrické energie v jednotlivých měsících během roku ať už za jeden měsíc nebo den. Je zde také vynesena průměrná hodnota, podle které se může srovnat, ve kterých měsících roku jsou velikosti získané elektrické energie nadprůměrné či podprůměrné. Měsíc s největší výrobou energie z větru je zde měsíc leden.

3. Vyhodnocení

3.1 Spotřeba

Dlouhodobé měření spotřeby elektrické energie rodinného domu ukázalo to, že největší spotřebu má domácnost v sobotu. To se však dalo očekávat, jelikož je to den, kdy se v domě zdržuje více lidí po delší dobu, než v průběhu týdne. V tento den se také přistupuje k údržbě jak domu, tak zahrady, což sebou nese použití většího počtu různých spotřebičů. Špičkových hodnot odebíraného výkonu bylo dosaženo v dopoledních hodinách, kdy hodnota odebíraného výkonu byla nad 8 kW, což je přehledně vidět v *obr. 34*. Nejmenší týdenní spotřeba byla naměřena v úterý, která je 4krát menší než spotřeba v sobotu.

Celková týdenní spotřeba byla vypočítána součtem spotřeb el.energie jednotlivých dní v týdnu a její hodnota je 104,54 kWh. Předpokládaná roční spotřeba pak byla stanovena vynásobením týdenní spotřeby počtem týdnů v roce (tedy $104,54 \cdot 52$). Průměrná měsíční spotřeba byla stanovena podílem roční spotřeby energie a počtem měsíců jednoho kalendářního roka ($5436,43 / 12$).

Ze získaných dat se mohou stanovit základní podmínky pro dimenzování nejen akumulátorů ale celého ostrovního systému. Mezi tyto důležité hodnoty patří:

- Týdenní spotřeba elektrické energie přes 100 kWh,
- Maximální denní spotřeba elektrické energie přes 30 kWh,
- Maximální okamžitý odebíraný výkon nad 8 kW

Tabulka 14: Vybraná spotřeba domu

	kWh
Největší denní spotřeba	32,03
Nejmenší denní spotřeba	7,89
Celková týdenní spotřeba	104,54
Roční spotřeba	5436,43
Průměrná měsíční spotřeba	453,00

3.2 Návrh akumulátoru

Z výsledků analýzy spotřeby rodinného domu byl navržen systém akumulátorových baterií a proveden výpočet potřebné kapacity tak, aby byl zajištěn určitý objem akumulované elektrické energie pro případ, kdy dodávka elektrické energie z OZE nebude možná. Potřebnými hodnotami pro výpočet byla účinnost baterií, teplotní korekční faktor, hloubka vybití baterie, napětí baterie, energie

spotřebovaná zátěž a počet dní bez dobíjení. V prvním pokusu výpočtu kapacity baterií byla za spotřebovanou hodnotu zátěží dosažena největší denní spotřeba domácnosti, což znamená spotřeba v sobotu (32,03 kWh). Tato zvolená hodnota však měla za následek to, že investiční náklady na baterie byly příliš vysoké. Místo sobotní spotřeby byla tedy zvolena průměrná denní spotřeba, která činí 14,93 kWh. Další hodnotou, která zvyšovala investici na akumulátory, byl počet dní bez dobíjení. Původní dosazená hodnota 12 dní byla během výpočtu a kalkulací snížena na 3 resp. 2 dny. Potřebná kapacita baterie se tak snížila z původních 11 310 Ah na 864 Ah. Po tomto výpočtu došlo k výběru vhodné baterie. Byla zvolena baterie Traction Bull PzS od společnosti Banner. Jedná se o olověnou baterii s tekutým kyselinovým elektrolytem, která má kapacitu 240 Ah. Do ostrovního systému jsou potřebné 4 tyto baterie (potřebná kapacita 864Ah / 240Ah = 3,6)

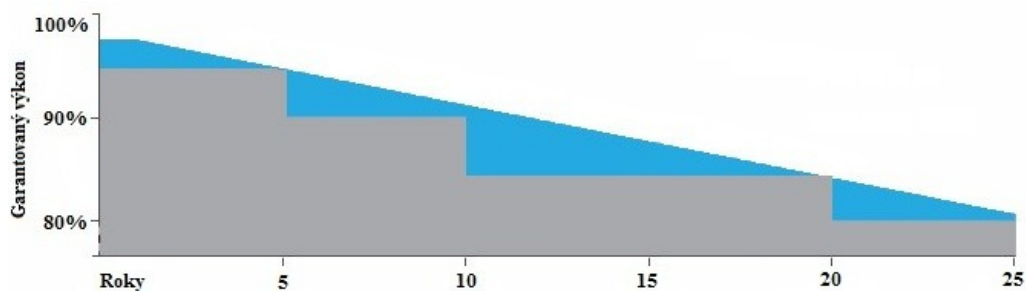
3.3 Dimenzování fotovoltaické elektrárny

Pro výkon fotovoltaické elektrárny bylo zapotřebí zjistit průměrnou denní velikost slunečního záření na m² v dané lokalitě rodinného domu. K tomu byl použit systém evropské unie PVGIS. Vzhledem ke spotřebě rodinného domu byl nadimenzován výkon FVE elektrárny na hodnotu 6,9 kW. Byl zvolen polykrystalický fotovoltaický panel Trinasolar TSM -PC05 230Wp/ 24 V v počtu 30 kusů. Celkové množství vyrobené elektrické energie pro zvolenou lokalitu a typ elektrárny byl vypočítán také v systému PVGIS.

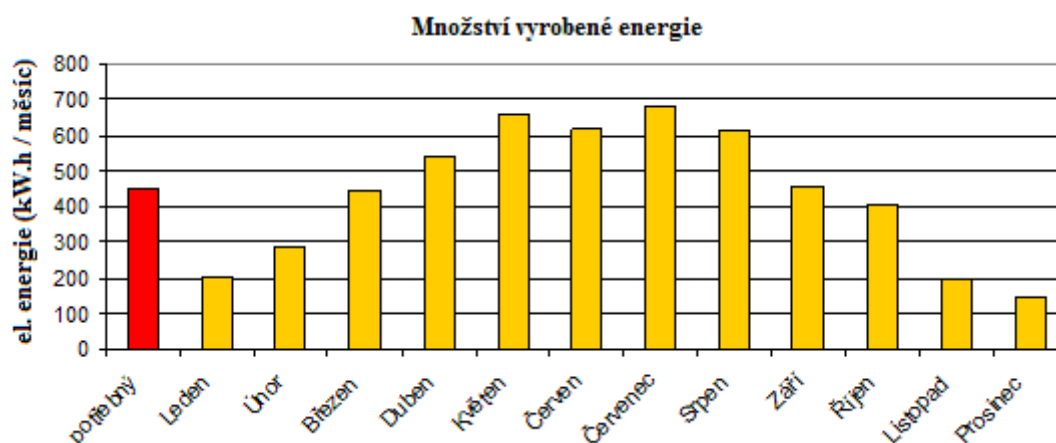
Tabulka 15: Hodnoty výroby el. energie po 20 letech provozu (snižování účinnosti FV panelu)

Doba provozu (roky)	Výroba elektřiny (kW.h / rok)
1	6173
5	5864
10	5555
20	5247
Rozdíl mezi 1 a 20 rokem	926

Při dimenzování fotovoltaické elektrárny je třeba dbát na postupné snižování účinnosti FV panelu. Tento fakt je uveden v *tab. 15*, kde je vyčíslen úbytek vyrobené elektrické energie během 20 let provozu FV panelu. Míra snižování účinnosti byla zjištěna v katalogu pro zvolený typ fotovoltaické elektrárny. Konkrétně po 20 letech provozu se účinnost sníží o 15 % viz. *obr. 47*. Tomu odpovídá rozdíl roční produkce elektrické energie mezi prvním a dvacátým rokem provozu FVE o velikosti 926 kWh.



Obrázek 47: Snižování výkonu FV panelu

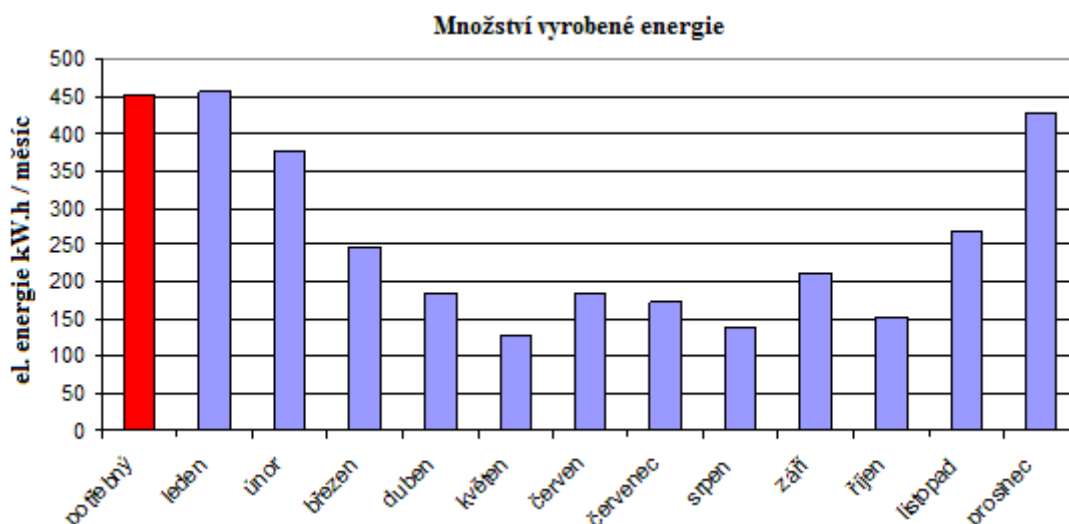


Obrázek 48: Velikost potřebného a vyr. množství en. solární elektrárnou po 20 letech provozu

Hodnota snížení výkonu FV elektrárny je zanesena i v *obr. 48*, kde jsou hodnoty výroby elektrické energie vyrobené v jednotlivých měsících po 20 letech provozu FV panelů. Je zřejmé, že takto nadimenzovaná solární elektrárna je schopna sama pokrýt spotřebu rodinného domu jen v některých měsících roku. Konkrétně jsou to měsíce duben, květen, červen, červenec a srpen, což jsou měsíce se zvýšenou intenzitou slunečního záření. K zajištění spotřeby rodinného domu i v dalších měsících je třeba využít energii z větrné elektrárny.

3.4 Dimenzování větrné elektrárny

K dimenzování větrné elektrárny byla potřeba zjistit průměrná rychlost větru v dané lokalitě. Podle které pak byla vybrána větrná elektrárna, konkrétně Whisper 500 o jmenovitém výkonu 3 kW (při rychlosti větru 10 m/s). Ze zjištěných rychlostí větru v dané lokalitě a výkonové křivky vybrané větrné elektrárny bylo vypočítáno předpokládané množství vyrobené elektrické energie v jednotlivých měsících roku.

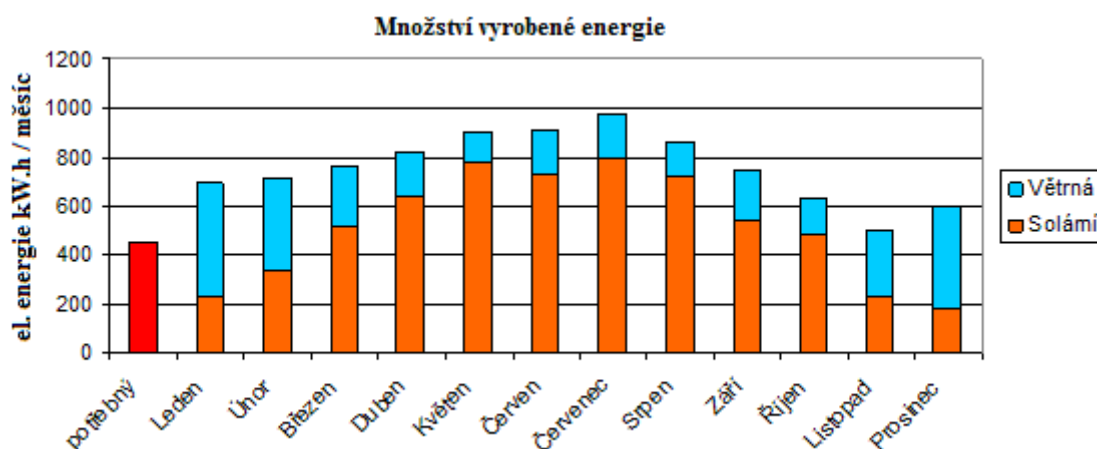


Obrázek 49: Potřebný a vyrobený výkon větrnou elektrárnou

V obr. 49 je zobrazena potřebná měsíční hodnota elektrické energie pro rodinný dům a hodnoty elektrické energie, které je větrná elektrárna schopna v jednotlivých měsících vyrobit. Z grafu je patrné, že větrná elektrárna tak jako solární není sama schopna zajistit spotřebu domácnosti ve všech měsících roku. Navržená větrná elektrárna by spotřebu dokázala pokrýt jen v lednu, kdy tomu přispívá nejvyšší průměrná rychlost větru v roce. V ostatních měsících jsou hodnoty vyrobené energie nedostatečné vlivem špatných větrných podmínek.

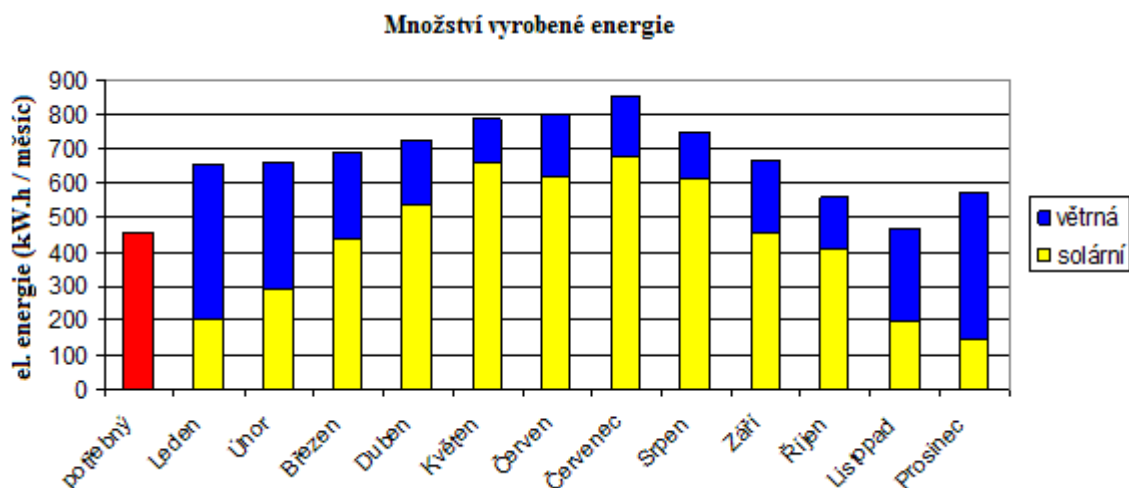
3.5 Celkový výkon ostrovní elektrárny

Celkové množství vyrobené energie ostrovního systému je dán součtem výkonů elektrárny solární a větrné. V obr. 50 je tedy vyneseno součtem jejich výkonů v jednotlivých měsících roku (u solární elektrárny je v tomto grafu počítáno s hodnotou výkonu v prvním roce provozu, tedy bez snížení účinnosti)



Obrázek 50: Výroba el. energie v 1 roku provozu

Z *obr.50* je patrné, že použité elektrárny jsou schopny za normálních klimatických a meteorologických podmínek zajistit spotřebu daného rodinného domu. Avšak je opět potřeba počítat se snížením účinnosti FV panelů v průběhu provozu a tím také ke snížení výkonu solární elektrárny. Tato skutečnost je pak vyhodnocena v *obr. 51*.



Obrázek 51: Výroba el. energie v 20 roku provozu

V *obr. 51* je tedy počítáno s výkonem solární elektrárny ve 20 roku provozu a tedy sníženou účinností solárních panelů o 15 %. Z tohoto grafu vyplývá, že i přes snížení účinnosti solárních panelů dokážou elektrárny pokrýt spotřebu rodinného domu v každém měsíci roku. Měsícem ve kterém vyrobí obě elektrárny nejméně energie je listopad, konkrétně 499,8 kWh, což je však stále více než měsíční spotřeba energie 453 kWh.

3.6 Investiční náklady na výstavbu ostrovního systému

Do investičních nákladů na výstavbu ostrovního systému byly započítány následující části: Solární panely, konstrukční prvky, větrná elektrárna, stožár, baterie, ostrovní měnič, regulátor nabíjení, spotřební materiál, elektrocentrála. Ceny jednotlivých komponent jsou uvedeny v následující tabulce (do investičních nákladů nebyly započítány náklady na montáž systému, která je plánována svépomocí).

Tabulka 16: Cena komponent ostrovního režimu [73]

Komponenty ostrovního režimu	Cena (Kč)
Solární panely (30ks)	206 700
Konstrukční prvky (nosníky,svorky)	25 000
Větrná elektrárna	160 650
Stožár	30 875
Baterie (4ks)	268 840
Ostrovní měnič	80 000
Regulátor nabíjení	20 750
Spotřební materiál	5 000
Elektrocentrála	44 400
celkem	842 215

Při výpočtu návratnosti investice vycházíme z toho, že pořízením ostrovního režimu odpadnou platby za spotřebovanou elektrickou energii. Proto je tedy nutné spočítat, jakou částku by majitel domu za elektrickou vydal. Do kalkulace je potřeba zanést i roční nárůst ceny elektrické energie. Taková předpověď na cca 20 let dopředu však není vůbec jednoduchá, jelikož cenu elektřiny ovlivňuje mnoho faktorů. K určení průměrného ročního zdražení elektřiny bylo využito analytických předpovědí, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury [74]. Velikost každoročního zdražení elektrické energie bylo zvoleno na hladině 6 %.

Tabulka 17: roční náklady za elektřinu

Rok	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Cena (Kč)	26257,97	27833,45	29503,45	31273,66	33150,08	35139,08	37247,43
Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cena (Kč)	39482,28	41851,21	44362,28	47024,02	49845,46	52836,19	56006,36
Rok	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Cena (Kč)	59366,74	62928,75	66704,47	70706,74	74949,15	79446,1	84212,86

V tab. 17 jsou uvedeny předpokládané roční výdaje domácnosti za elektřinu v jednotlivých letech až do roku 2032 (kdy končí životnost baterií a výkon FVE se dále snižuje) při ročním nárůstu ceny elektřiny v hodnotě 6 %.

3.7 Návratnost investice

S pomocí hodnot z tab. 16 a tab. 17 můžeme určit možnou dobu návratnosti investice na výstavbu ostrovního systému. Budou se počítat jednotlivé roční náklady na elektrickou energii do té doby, až se hodnota součtu přiblíží ceně na výstavbu ostrovního systému, která činí 842 215 Kč.

Tabulka 18: Tabulka návratnosti investice

Rok	Cena v daném roce (Kč)	Součet ročních nákladů (Kč)
2012	26 257,97	26 257,97
2013	27 833,45	54 091,41
2014	29 503,45	83 594,87
2015	31 273,66	114 868,53
2016	33 150,08	148 018,61
2017	35 139,08	183 157,69
2018	37 247,43	220 405,12
2019	39 482,28	259 887,40
2020	41 851,21	301 738,61
2021	44 362,28	346 100,89
2022	47 024,02	393 124,91
2023	49 845,46	442 970,38
2024	52 836,19	495 806,57
2025	56 006,36	551 812,93
2026	59 366,74	611 179,67
2027	62 928,75	674 108,42
2028	66 704,47	740 812,90
2029	70 706,74	811 519,64
2030	74 949,15	886 468,78
2031	79 446,10	-
2032	84 212,86	-

Součtem ročních plateb za elektrickou energii vychází, že investice na výstavbu ostrovního systému v hodnotě 842 215 Kč se vrátí v roce 2030 viz tab. 18, tedy po 18 letech provozu (s uvažovaným 6 % zdražováním elektřiny).

4. Závěr

V rámci této diplomové práce byl vytvořen návrh aplikace ostrovního režimu do konkrétní lokality a pro konkrétní rodinný dům.

V současné době, kdy je kladen důraz na energetickou nezávislost a ekologii se i díky snižováním výkupních cen elektřiny ze solárních elektráren a jejich zákazu připojování k distribuční síti dostávají do popředí zájmu takzvané hybridní ostrovní systémy, které kombinují spolupráci dvou a více na sobě nezávislých obnovitelných zdrojů elektrické energie.

V úvodu práce byl vysvětlen pojem „ostrovní režim“ spolu s příklady jeho implementace pro stanovené lokality a při jakých okolnostech je vhodné samotný ostrovní systém použít.

Teoretická část se zabývá přehledem, využitím a podporou vybraných obnovitelných zdrojů energie, především solární a větrnou, které jsou hlavním obnovitelným zdrojem pro použití k napájení domu v ostrovním režimu. Byl uveden popis ostrovních systémů a možnosti jejich zapojení podle požadavků na jejich provoz. Byly popsány části, ze kterých se ostrovní systém skládá, tzn. solární, větrná elektrárna, akumulátor, regulátor dobíjení, záložní zdroj energie (elektrocentrála), měnič napětí a spotřebiče.

Spotřebičům byla věnována vlastní kapitola, jelikož spotřeba elektrické energie domácnosti je dána právě součtem spotřeb jednotlivých spotřebičů. Je proto kladen důraz na použití úsporných spotřebičů, protože dimenzování celého ostrovního systému se odvíjí od velikosti spotřeby. V další části práce proběhla analýza spotřeby elektrické energie vybraného rodinného domu. K ní posloužila data, která byla získána dlouhodobým monitorováním spotřeby elektrické energie sledované domácnosti. Výsledné hodnoty jsou závislé na použitých spotřebičích a návycích jednotlivých obyvatel domu. Z naměřených a vypočtených hodnot byly definovány tzv. energetické potřeby. Mezi tyto základní potřeby patří týdenní spotřeba elektrické energie, která vyšla přes 100 kWh, dále maximální denní spotřeba elektrické energie, která byla z celého týdne nejvyšší v sobotu a to přes 30 kWh a maximální okamžitý odebíraný výkon, jehož hodnota dosáhla v sobotu dopoledne 8 kW.

V kapitole věnované akumulátorům byly popsány požadavky na jejich provoz v ostrovním režimu, typy a problémy, které mohou v provozu nastat. Kapacita akumulátorů pro zvolený rodinný dům s danou spotřebou byla stanovena pomocí vztahu, pro který je třeba znát účinnost baterií, teplotní korekční faktor, hloubku vybití baterie, napětí baterie, energii spotřebovanou zátěží a počet dní bez dobíjení. Na základě meteorologických dat a následných propočtů byly zvoleny 2 dny jako počet dní bez dobíjení. Podle toho byla vypočítána kapacita baterie 864 Ah. Zvolena byla olověná trakční baterie v počtu 4 kusů o celkové kapacitě 960 Ah. Na základě analýzy spotřeby elektrické energie a velikosti akumulátoru bylo možné popsat a dimenzovat zdroje, které jsou pro daný ostrovní systém vhodné.

Pro návrh zdrojů a jejich optimálního instalovaného výkonu bylo třeba zjistit informace o intenzitě slunečního záření pro FVE a rychlosti větru pro VTE. Množství slunečního záření bylo zjištěno pomocí systému PVGIS a rychlost větru z hodnot průměrných měsíčních rychlostí větru v jednotlivých měsících roku v dané lokalitě. Díky těmto hodnotám pak byly navrženy jednotlivé elektrárny.

Instalovaný výkon křemíkových FV panelů v počtu 30 kusů dosáhl 6,9 kW a výkon použité větrné elektrárny 3 kW. Pro takto navržené zdroje bylo vypočítáno množství elektrické energie, které by šlo za určité časové období (den, týden, měsíc) vyrobit. Součet množství vyrobené energie obou elektráren ukázal, že takto navržené zdroje jsou schopny pokrýt spotřebu sledovaného rodinného domu ve všech měsících v roce. Součtem všech nákladů na pořízení vyšla cena zmiňovaného ostrovního systému 842 215 Kč. Při průměrném ročním zvyšování elektřiny o 6 % vychází návratnost investice na 18 let. Z toho jsem usoudil, že technicky je takový systém možné celkem bez problémů realizovat. Avšak kvůli vysokým pořizovacím nákladům je jeho návratnost příliš dlouhá. Navíc se blíží konci životnosti jak baterií, tak solární a větrné elektrárny (i když u ní je stárnutí pomalejší).

Z těchto skutečností se dá konstatovat, že pro rodinný dům, který je situován ve městě nebo na vesnici a má možnost připojení k elektrické distribuční síti, není tento systém v současné době příliš vhodný. Situace se může postupem času změnit tak, že se sníží ceny jednotlivých komponent a tím pádem klesnou investiční náklady na pořízení ostrovního systému nebo se zvedne cena za odebíranou elektrickou energii na hodnotu, při které se vyplatí investovat raději do ostrovního systému. Do té doby bude tento systém vhodný jen pro objekty, které nemají možnost připojení do sítě nebo by cena tohoto připojení byla vyšší než cena samotného pořízení ostrovního systému.

Použitá literatura

- [1] Czech RE Agency, Obnovitelné zdroje-stručná historie podpory v ČR, 2011, [online]. Dostupné z WWW : <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/strucna-historie-podpora-oze>
- [2] Srovnání výkupních cen elektrické energie[online]. Dostupné z WWW : <http://www.csve.cz/clanky/graf-vyvoje-vykupnich-cen/278>
- [3] Solární elektrárna Protivín na Písecku, 2011, [online]. Dostupné z WWW :, <http://elektrika.cz/data/clanky/lapp-group-novy-vykon-z-obnovitelnych-zdroju>
- [4] Solární elektrárny, 2011, [online]. Dostupné z WWW : <http://www.nazeleno.cz/energie/fotovoltaika/solarni-elektrarny-2011-jen-grid-off-vyplati-se.aspx>
- [5] Připojování fotovoltaických elektráren, 2010, [online]. Dostupné z WWW : <http://www.nazeleno.cz/aktualne/cez-distribuce-zastavuje-pripojovani-fotovoltaickych-a-vetrnych-elektraren.aspx>
- [6] Aktuálně k fotovoltaice [online]. Dostupné z WWW : http://www.stresniinstalace.cz/no_cache/caste-dotazy/aktualne-k-fotovoltaice/
- [7] Otázky a odpovědi [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/casto-kladene-otazky-o-fotovoltaice>
- [8] Ostrovní systémy nezávislost na elektrické síti, 2010, [online]. Dostupné z WWW : <http://www.nazeleno.cz/print1/lang1/lay3/ostrovní-systemy-nezávislost-na-elektrické-siti.aspx>
- [9] Lukáš Prokop, Stanislav Mišák, Energetická koncepce rodinného domu v ostrovním provozu, VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky
- [10] Fotovoltaický panel Siliken SLK60M6L [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solar-eshop.cz/p/fotovoltaicky-panel-siliken-slk60m6l-235-wp/>
- [11] Regulátor nabíjení MPPT100/30 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solareshop.cz/search/?w=Regul%C3%A1tor+nab%C3%ADjen%C3%AD+MPPT100%2F30&submit.x=3&submit.y=6>
- [12] Elektrocentrála Kipor [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solar-eshop.cz/p/elektrocentrala-kipor-kge-2500x-vykon-2-2kw-benzinova/>
- [13] Akumulátor Energy Bull [online]. Dostupné z WWW : <http://www.vyjimecnedomy.cz/fotovoltaicke-systemy>
- [14] Menič ostrovní SP 3000 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solar-eshop.cz/p/menic-ostrovní-sp-3000-12v/>

- [15] Pavel Hnilica , Složení ostrovního systému, 2011, Dostupné z WWW :
<http://www.solarnimoduly.cz/fotovoltaicke-elektrarny-slozeni.html>
- [16] Blokové schéma ostrovního systému [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>
- [17] Ostrovní Systém s přímým napájením [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/ostrovní-systemy-stand-alone-off-grid>
- [18] Ostrovní Systém s akumulací energie (12/24 V) [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/ostrovní-systemy-stand-alone-off-grid>
- [19] Ostrovní Systém s akumulací el.energie (12 V i 230 V) [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/ostrovní-systemy-stand-alone-off-grid>
- [20] Hybridní ostrovní systém [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/ostrovní-systemy-stand-alone-off-grid>
- [21] Ostrovní systém [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.solarni-system.cz/fotovoltaika/ostrovní-systemy-stand-alone-off-grid>
- [22] Energeticky úsporné spotřebiče, Jiří Beranovský, EkoWat 2008, Dostupné z WWW :
<http://www.energetika.cz/index.php?id=132>
- [23] Struktura spotřeby elektřiny v domácnosti, Dostupné z WWW :
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporne-osvetleni-a-spotrebice-v->
- [24] Měřič výkonu pro domácnost [online]. Dostupné z WWW :
<http://extrapc.cnews.cz/odhalte-tajemstvi-uctu-za-elektřinu-naucte-domacnost-setrit>
- [25] Příklad energetického štítku pro pračku [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.nazeleno.cz/Files/FckGallery/spotrebice.zip/02.jpg>
- [26] Energetický štítek [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.nazeleno.cz/energeticky-stitek.dic>
- [27] Roční náklady na provoz chladničky různých tříd, 2007, [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporne-osvetleni-a-spotrebice-v->
- [28] Úsporné spotřebiče [online]. Dostupné z WWW :
<http://eon.energieplus.cz/uspory-energie/elektricky-sporak-a-trouba>
- [29] Značka Energy star a značka ELI pro úsporné zdroje světla [online]. Dostupné z WWW :
<http://ekowatt.cz/uspory/zisky-od-spotrebicu.shtml>
- [30] Úsporné osvětlení, K. Macholda, Grada, Praha, 2003 [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/usporne-osvetleni-a-spotrebice-v-domacnosti>
- [31] Tvary kompaktních zářivek s integrovaným předradníkem [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.i-ekis.cz/?page=osvetleni>
- [32] Stand-by spotřeba [online]. Dostupné z WWW :
<http://mixer.spotrebice.cz/stand-by-spotreba--neviditelny-pozirac-energie-2011-02-24/>

- [33] Prodlužovací kabel s vypínačem zásuvek [online]. Dostupné z WWW :
http://www.inna-kt.cz/index.php?scat=169&par=0*20*2*0**&lang=CZ
- [34] Energy Centre ČB, Úspory elektřiny v domácnosti, 2008, [online]. Dostupné z WWW :
www.eccb.cz/fotos/_c_229uspory_elektriny_v_domacnosti_web.pdf
- [35] Akumulace elektrické energie [online]. Dostupné z WWW :
http://www.ve-group.cz/akumulatory_palivove_clanky/index.html
- [35] Konstrukce akumulátoru [online]. Dostupné z WWW:
http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/900A0/fronius_ceska_republika/hs.xsl/28_8172.htm
- [36] Zapojení akumulátorů [online]. Dostupné z WWW :
http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/900A0/fronius_ceska_republika/hs.xsl/28_8172.htm
- [37] Ostrovní fotovoltaické systémy [online]. Dostupné z WWW :
http://www.enerfinplus.cz/fotovoltaika_ostrovní_systémy.php
- [38] Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D, Olověné akumulátory [online]. Dostupné z WWW :
www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf
- [39] Jak funguje akumulátor [online]. Dostupné z WWW:
http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/900A0/fronius_ceska_republika/hs.xsl/28_8176.htm
- [40] Chemický proces NAB/VYB PB baterie [online]. Dostupné z WWW :
www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf
- [41] Olověný startovací akumulátor [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.autoforever.cz/akumulator.html>
- [42] Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D, Olověné akumulátory [online]. Dostupné z WWW :
www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf
- [43] Typy akumulátorů [online]. Dostupné z WWW :
http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SI160/fronius_ceska_republika/hs.xsl/28_8174.htm
- [43] VRLA baterie [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.elnika.cz/elnika.php?p=cze/akumulatory-specifikace>
- [44] Nikl-kadmiový akumulátor [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/jak-to-funguje-/niklkadmiovy-akumulator-nicd.htm>
- [45] Lithium-polymerový akumulátor (LiPol) [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/jak-to-funguje-/lithium-polymerovy-akumulator-li-pol.htm>
- [46] Příklad konstrukce Li - Ion akumulátoru [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.cettra.cz/vysilacky-radiostanice/MOTOROLA/Baterie-NiCd,-NiMH-.../Co-s-Li-Ion-clanky/22>
- [47] Uspořádání Li - Pol akumulátoru [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.cettra.cz/vysilacky-radiostanice/MOTOROLA/Baterie-NiCd,-NiMH-.../Co-s-Li-Ion-clanky/22>

- [48] Vybrané technologie pro uložení energie a jejich vlastnosti [online]. Dostupné z WWW: www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf
- [49] Přehled chemických reakcí a svorkového napětí vybraných typů akumulátorů [online]. Dostupné z WWW : www.jergym.hiedu.cz/~canovm/elektro/clanky2/olov.pdf
- [50] Pavel Hnilica, Akumulátory pro ostrovní systém, 2011, [online]. Dostupné z WWW : <http://www.solarnimoduly.cz/jaky-akumulator.html>
- [51] Problémy s akumulátory [online]. Dostupné z WWW : http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SIC680/fronius_ceska_republika/hs.xml/28_8170.htm
- [52] Princip činnosti FV článku [online]. Dostupné z WWW : <http://www.bestservis.cz/img/schema.jpg>
- [53] Fotovoltaika – Obnovitelný zdroj energie [online]. Dostupné z WWW : <http://www.topstavebne.sk/?mod=typy--fotovoltaika-obnovitelny-zdroj-elektricke-energie&web=815b9669fd161c5c85977c80dff2e515>
- [54] Princip fotovoltaiky, 2008 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.joyce-energie.cz/fotovoltaika/principy-fotovoltaiky/>
- [55] Fotovoltaické solární panely, 2010 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.fotovoltaicke-systemy.info/solarni-panely>
- [56] Mapa slunečního záření ČR [online]. Dostupné z WWW : <http://www.trubicove-kolektory.cz/mapa.html>
- [57] Větrné elektrárny, 2011 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.velvac.eu/cs/vetrne-elektrarny/zakladni-informace>
- [58] Princip větrné elektrárny [online]. Dostupné z WWW : <http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>
- [59] Struktura větrné elektrárny, 2012 [online]. Dostupné z WWW : <http://www.aresico.com/cz/m/struktura-vetrne-elektrarny/>
- [60] Dělení větrných elektráren dle výkonu [online]. Dostupné z WWW : <http://www.aresico.com/cz/m/deleni-vetrnych-elektraren-dle-vykonu/>
- [61] Mgr. David Hanslian, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, 2012, Větrné podmínky pro malé větrné elektrárny, Dostupné z WWW : <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/8358-vetrne-podminky-pro-male-vetrne-elektrarny>
- [62] Větrná mapa ČR [online]. Dostupné z WWW : <http://windtronicseast.eu/cs/content/v%C4%9Btrn%C3%A1-mapa-%C4%8Dr>
- [64] Ekvivalentní počet dní z nepříznivými meteorologickými podmínkami, Stanislav Mišák, Lukáš Prokop, Petr Kačor, Dimenzování baterií pro ostrovní systém, VŠB – TU Ostrava, FEI
- [65] Stanislav Mišák, Lukáš Prokop, Petr Kačor, Dimenzování baterií pro ostrovní systém, VŠB – TU Ostrava, FEI, Katedra elektroenergetiky

- [66] Trakční baterie [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.battery.cz/trakcni-baterie-banner-traction-bull-3pzs-240ah-pzs80-24v-sestava-12-clanku-v4292>
- [67] Systém PVGIS, 2008 [online]. Dostupné z WWW :
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- [68] Systém PVGIS, 2008 [online]. Dostupné z WWW :
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- [69] Popis PVGIS, 2008 [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.joyce-energie.cz/fotovoltaika/vypocet-vykonu-vasi-fve/>
- [70] Výstupní data ze systému PVGIS [online]. Dostupné z WWW:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>
- [71] Solární panel TrinaSolar 230 [online]. Dostupné z WWW :
<http://eshop.neosolar.cz/solarni-panel-trinasolar-tsm-pc05-230wp-24v-poly>
- [72] Whisper 500 [online]. Dostupné z WWW :
http://nawebu.net/energie/?page_id=165
- [73] Cena komponent ostrovního režimu [online]. Dostupné z WWW :
http://nawebu.net/energie/?page_id=165
<http://www.cts-kenwood.cz/stozary.htm>
<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&langpair=en%7Ccs&u=http://www.reuk.co.uk/Wind-Turbine-Tower-Basics.htm>
<http://www.marinedeal.com/ProductDetails.asp?ProductCode=1%2DTWW%2D11%2D03>
<http://www.skapiiec.pl/site/cat/525/comp/332054>
<http://www.agregaty.cz/cs/node/52>
http://www.ozesolar.cz/index.php?page=eshop&eshoppage=detail&detail_id=122
<http://www.solarnistavebnice.cz/zbozi.jsp?f=d&n=Sunny-Island-5048&gid=122&caid=12&scid=13>
http://www.ostrovní-elektrarny.cz/index.php?category=regulatory-nabijeni&detail=MjAwMTA=&detail_name=regulator-nabijeni-xantrex-xw-mppt-60a
<http://www.obchodsolar.cz/obchodsolar/eshop/4-1-Solarni-kabely-konektory>
- [74] Ceny elektriny, vývoj [online]. Dostupné z WWW :
<http://www.cenyenergie.cz/analyza-vyvoj-cen-elektřiny-po-japonských-udalostech.aspx>
<http://www.cenyenergie.cz/analyza-vyvoj-cen-elektřiny-po-japonských-udalostech.aspx>

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNA PROTIVÍN NA PÍSECKU [3].....	5
OBRÁZEK 2 : VÝVOJ VÝKUPNÍCH CEN ZA 1 kWh ZE SOLÁRNÍ A VĚTRNÉ ENERGIE	5
OBRÁZEK 3: PŘIPOJOVÁNÍ FOTOVOLTAICKÝCH ELEKTRÁREN [5]	6
OBRÁZEK 4: FOTOVOLTAICKÝ PANEL SILIKEN SLK60M6L 235 W _p [10]	8
OBRÁZEK 5: REGULÁTOR NABÍJENÍ MPPT100/30 [11]	8
OBRÁZEK 6: ELEKTROCENTRÁLA KIPOR KGE2500X, 2,2 kW [12]	9
OBRÁZEK 7: AKUMULÁTOR ENERGY BULL 100 AH [13].....	9
OBRÁZEK 8: MĚNIČ OSTROVNÍ SP 3000 [14]	10
OBRÁZEK 9: BLOKOVÉ SCHÉMA OSTROVNÍHO SYSTÉMU [16].....	10
OBRÁZEK 10: OSTROVNÍ SYSTÉM S PŘÍMÝM NAPÁJENÍM [17]	11
OBRÁZEK 11: OSTROVNÍ SYSTÉM S AKUMULACÍ ENERGIE (12/24 V) [18]	12
OBRÁZEK 12: OSTROVNÍ SYSTÉM S AKUMULACÍ EL. ENERGIE (12 V i 230 V) [19]	12
OBRÁZEK 13: HYBRIDNÍ OSTROVNÍ SYSTÉM [20]	13
OBRÁZEK 14: STRUKTURA SPOTŘEBY ELEKTŘINY V DOMÁCNOSTI [23].....	14
OBRÁZEK 15: MĚŘIČ VÝKONU PRO DOMÁCNOST [24]	15
OBRÁZEK 16: PŘÍKLAD ENERGETICKÉHO ŠTÍTKU PRO PRAČKU [25].....	15
OBRÁZEK 17: ROČNÍ NÁKLADY NA PROVOZ CHLADNIČKY RŮZNÝCH TŘÍD [27]	17
OBRÁZEK 18: ZNAČKY PRO PC A ZDROJE SVĚTLA [29]	18
OBRÁZEK 19: TVARY KOMPAKTNÍCH ZÁŘIVEK S INTEGROVANÝM PŘEDŘADNÍKEM [31].....	18
OBRÁZEK 20: PRODLUŽOVACÍ KABEL S VYPÍNAČEM ZÁSUVK [33]	21
OBRÁZEK 21: ZAPOJENÍ AKUMULÁTORŮ [36]	22
OBRÁZEK 22: ROZDĚLENÍ RŮZNÝCH KONSTRUKCÍ AKUMULÁTORŮ PODLE ÚČELU POUŽITÍ [38]	23
OBRÁZEK 23: CHEMICKÝ PROCES NAB/VYB PB BATERIE [40].....	24
OBRÁZEK 24: OLOVĚNÝ STARTOVACÍ AKUMULÁTOR [41]	25
OBRÁZEK 25: PŘÍKLAD KONSTRUKCE LI - ION AKUMULÁTORU [46].....	28
OBRÁZEK 26: USPOŘÁDÁNÍ LI - POL AKUMULÁTORU [47].....	28
OBRÁZEK 27: PRINCIP ČINNOSTI FV ČLÁNKU [52]	32
OBRÁZEK 28: MAPA SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ ČR (kWh/m ²) [56]	34
OBRÁZEK 29: VÝKONOVÁ KŘIVKA MVE SIMETI 5000	38
OBRÁZEK 30: VĚTRNÁ MAPA ČR (PRŮMĚRNÁ RYCHLOST VĚTRU V 10 M) [62]	39
OBRÁZEK 31: MĚŘIČ SPOTŘEBY MDS-U [36]	42
OBRÁZEK 32: DENNÍ DIAGRAMY ZATÍŽENÍ PRO TÝDENNÍ CYKLUS	43
OBRÁZEK 33: TÝDENNÍ PRŮBĚH CELKOVÉHO ODEBÍRANÉHO VÝKONU	44
OBRÁZEK 34: PRŮBĚH ODEBÍRANÉHO VÝKONU V SOBOTU	44
OBRÁZEK 35: SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE BĚHEM TÝDNE	45
OBRÁZEK 36: TRAKČNÍ BATERIE TRACTION BULL [66].....	49
OBRÁZEK 37: SYSTÉM PVGIS [68].....	51
OBRÁZEK 38: PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ HODNOTY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ V DANÉ LOKALITĚ	53
OBRÁZEK 39: PRŮMĚRNÁ DENNÍ VÝROBA ENERGIE DANÉHO FV SYSTÉMU	53
OBRÁZEK 40: PRŮMĚRNÁ MĚSÍČNÍ VÝROBA ENERGIE DANÉHO FV SYSTÉMU	54
OBRÁZEK 41: SOLÁRNÍ PANEL TRINA SOLAR [71]	54
OBRÁZEK 42: PRŮMĚRNÁ MĚSÍČNÍ RYCHLOST VĚTRU V DANÉ LOKALITĚ	55
OBRÁZEK 43: VTE WHISPER 500 [72]	55
OBRÁZEK 44: KŘIVKA VÝROBY ENERGIE [72].....	56
OBRÁZEK 45: MNOŽSTVÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE VYROBENÉ VTE V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH	57
OBRÁZEK 46: MNOŽSTVÍ ELEKTRICKÉ ENERGIE VYROBENÉ VTE ZA DEN	57
OBRÁZEK 47: SNIŽOVÁNÍ VÝKONU FV PANELU	61
OBRÁZEK 48: VELIKOST POTŘEBNÉHO A VYR. MNOŽSTVÍ EN. SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNOU PO 20 LETECH PROVOZU	61
OBRÁZEK 49: POTŘEBNÝ A VYROBENÝ VÝKON VĚTRNOU ELEKTRÁRNOU	62
OBRÁZEK 50: VÝROBA EL. ENERGIE V 1 ROKU PROVOZU	62
OBRÁZEK 51: VÝROBA EL. ENERGIE V 20 ROKU PROVOZU.....	63

Seznam tabulek

TABULKA 1: SROVNÁNÍ VÝKUPNÍCH CEN ELEKTRICKÉ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V ČR [2].....	3
TABULKA 2: PŘÍKLAD EL. SPOTŘEBIČŮ A JEJICH SPOTŘEBY [32].....	20
TABULKA 3: VYBRANÉ TECHNOLOGIE PRO ULOŽENÍ ENERGIE A JEJICH VLASTNOSTI [48].....	28
TABULKA 4: PŘEHLED CHEMICKÝCH REAKCÍ A SVORKOVÉHO NAPĚTÍ VYBRANÝCH TYPŮ AKUMULÁTORŮ [49]....	29
TABULKA 5: SEZNAM SPOTŘEBIČŮ V DOMĚ.....	42
TABULKA 6 : UKÁZKA ZÁZNAMU SPOTŘEBY ENERGIE V MINUTOVÉM INTERVALU.....	43
TABULKA 7: SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE BĚHEM JEDNOTLIVÝCH DNÍ V TÝDNU.....	45
TABULKA 8: EKVIVALENTNÍ POČET DNÍ Z NEPŘÍZNIVÝMI METEOROLOGICKÝMI PODMÍNKAMI [54].....	47
TABULKA 9: POTŘEBNÁ KAPACITA BATERÍ PRO POČTY DNÍ PŘI VÝPADKU ZDROJŮ	48
TABULKA 10: VÝSTUPNÍ DATA ZE SYSTÉMU PVGIS [70]	52
TABULKA 11: PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ HODNOTY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA M ² MODULŮ V DANÉ LOKALITĚ	52
TABULKA 12: TECHNICKÁ SPECIFIKACE VE WHISPER 500 [72]	56
TABULKA 13: HODNOTY ODEČTENÉ Z KŘIVKY ZVOLENÉ VTE.....	57
TABULKA 14: VYBRANÁ SPOTŘEBA DOMU	59
TABULKA 15: HODNOTY VÝROBY EL. ENERGIE PO 20 LETECH PROVOZU (SNIŽOVÁNÍ ÚČINNOSTI FV PANELU)	60
TABULKA 16: CENA KOMPONENT OSTROVNÍHO REŽIMU [73]	64
TABULKA 17: ROČNÍ NÁKLADY ZA ELEKTŘINU	64
TABULKA 18: TABULKA NÁVRATNOSTI INVESTICE	65